COUSTEAU


ENCICLOPEDIA DEL MAR

14



folio





COUSTEAU

ENCICLOPEDIA DEL MAR

14

Dirección editorial: Julián Viñuales Solé

Asesores científicos: Serge Bertino, Rhodes W.Fairbridge, Antonio Ribera y Vicente Manuel Fernández

Traducción: Vicente Manuel Fernández y Miguel Aymerich

Coordinación editorial: Julián Viñuales Lorenzo

Coordinación técnica: Pilar Mora

Coordinación de producción: Miguel Angel Roig

Diseño cubierta: STV Disseny

Publicado por :
Ediciones Folio, S.A.
Muntaner, 371-373
08021 Barcelona

De esta obra hubo una edición anterior de doce volúmenes titulada genéricamente *Los Secretos del Mar.*

Distribución exclusiva para España y América:
Editorial Rombo, S.A.

ISBN: 84-7583-507-4 (Volumen 14)
84-7583-530-9 (Obra completa)

Impresión: Gráficas Estella

Depósito Legal: NA. 1304-1993
Printed in Spain


COUSTEAU
ENCICLOPEDIA DEL MAR

14

folio

SUMARIO




Los movimientos de los animales marinos

La arquitectura del cuerpo animal

La biología marina puede dividirse en un cierto número de capítulos, más o menos artificialmente aislados entre sí, pero que tienen una unidad real. Cuando se quiere estudiar el movimiento de los animales oceánicos, es sumamente difícil establecer tales límites. Fundamentalmente, el agua es movimiento. En el mar no hay nada que no se mueva. El fluido va y viene, y los animales que en él se encuentran están sometidos a este vaivén. Todas las especies parecen a veces, como un plancton universal, no formar más que una sola cosa con el elemento en el que evolucionan, crecen y mueren.

La clásica distinción entre el plancton (el conjunto de criaturas incapaces de resistir a las corrientes por sus propios medios), el necton (los animales que nadan), el bentos sésil (los animales fijos al fondo) y el bentos vágil (los animales que marchan o reptan por el fondo), muestra bien a las claras la importancia del movimiento en el mar. Pero si resulta práctica, esta distinción no siempre es tan rigurosa como sería de desear.

El estudio de los movimientos de los animales no puede separarse del de su forma corporal: ésta los determina ampliamente. Se ha llegado a hablar, como hace R. B. Clark, de «estilos de arquitectura animal». «Muchos son los estilos en cuestión —escribe Clark—, pero si se descartan las variaciones particulares puede decirse que se concretan en tres grandes tipos: el estilo románico, el estilo gótico y el estilo barroco. De hecho, con tal de definir bien las terminologías, podría hablarse de arquitectura animal en términos tan familiares a la historia del arte como a la biología.»

El estudio de la arquitectura animal resulta más fácil si se tienen en cuenta dos principios esenciales. El primero es que, en general, los animales tienden a complicar su estructura en el curso de la evolución. El segundo es que los organismos están edificados sobre la base de rigurosas leyes mecánicas, en función de los problemas que plantea el entorno.

Las características físicas y químicas del agua han influido profundamente —se podría incluso decir: condicionado— en la estructura del conjunto de la materia viva. Los animales que se quedaron en el elemento líquido tuvieron además que adaptarse a las propiedades particulares del agua como soporte. La densidad, la viscosidad, el peso específico del agua, determinaron la constitución de formas particulares. Cada rama evolutiva ha tratado de sacar el mayor partido posible del entorno en que se encontraba. En el curso de los millones de años de la evolución aparecieron un cierto número de estilos. Los estudios de morfología y de anatomía comparadas permiten distinguir algunos grandes planos de organización. En el mar existen organismos sin simetría (como los protozoos de tipo amebiano, que no cesan de deformarse), pero son poco numerosos. La mayoría de las especies muestran una simetría radial o bilateral. La simetría radial es la de los radiolarios, de las anémonas de mar, de las medusas, de los corales, de las estrellas de mar, de los erizos de mar. La simetría bilateral caracteriza a los gusanos anélidos, a los moluscos gasterópodos y cefalópodos, a los crustáceos, a los peces... Naturalmente, ciertas variaciones pueden introducirse en el modelo de base: por ejemplo, los moluscos gasterópodos tienen el cuerpo simétrico con relación a un plano vertical, pero su concha a menudo está enrollada en espiral a derecha o a izquierda, de forma totalmente asimétrica.

Un cierto número de animales de simetría bilateral están formados por segmentos todos semejantes (por lo menos en su arquitectura básica), llamados anillos o metámeros. Los primeros animales que, en el orden de la evolución, adoptaron este esquema corporal fueron los anélidos. Se encuentra también en los crustáceos y en los demás artrópodos.

Los animales de simetría radial no están bien dispuestos para la natación: un cuerpo construido sobre este plano apenas puede propulsarse. Los radiolarios y las medusas forman parte del plancton: aun cuando las medusas logran efectuar movimientos propios contrayendo su sombrilla, están condenadas a vagar a merced de las corrientes. Los equinodermos (estrellas de mar, erizos de mar, ofiuros), cuando no están fijos en el fondo (como los lirios de mar) se arrastran por él lentamente, gracias a pequeños órganos motores (llamados pies ambulacrales). Las holoturias, o cohombros de mar, que también se arrastran por el fondo, tienen una simetría secundaria casi bilateral.

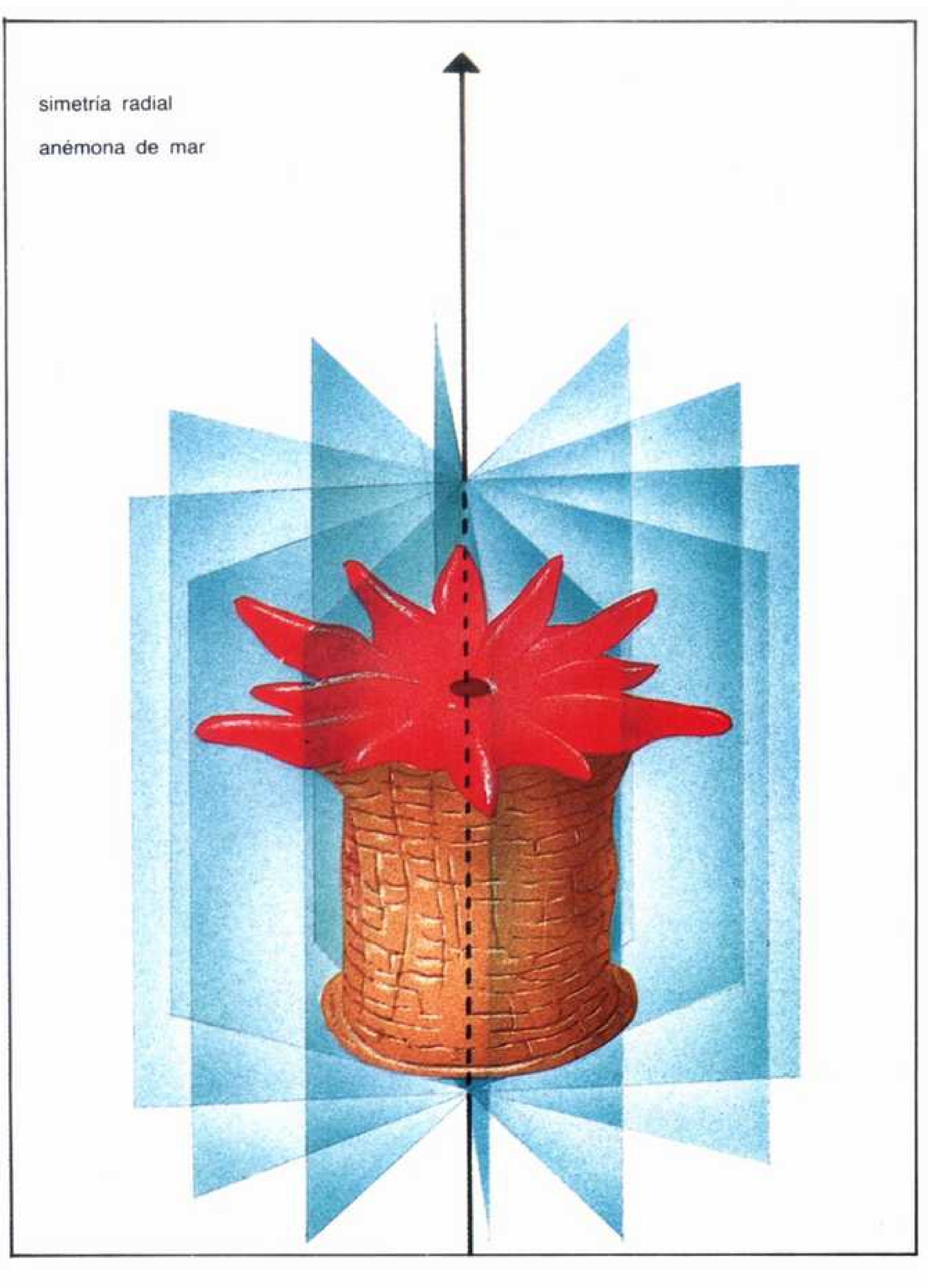
Los mejores nadadores están, pues, dotados de una simetría bilateral. Su cuerpo, más o menos flexible y más o menos musculado, avanza en el elemento acuático apoyándose sobre él, alternativamente de uno y otro lado. Muchas de estas especies han adquirido, en el curso de la evolución, órganos especializados que las ayudan en su avance: las aletas han sido «inventadas» varias veces en la historia de la vida, bajo aspectos a veces sorprendentes. Entre el flagelo del silicoflagelado microscópico y la cola de la ballena existe una necesaria convergencia de formas. Asimismo, las aletas del calamar y las de las rayas tienen puntos comunes. Los animales metamerizados se mueven bien marchando sobre el fondo gracias a unos artejos locomotores (como, por ejemplo, los grandes crustáceos: cangrejos, langostas, etc.), o bien contrayendo alternativamente algunos de sus segmentos. De este modo logran nadar. Los crustáceos superiores escapan a sus enemigos contrayendo bruscamente su abdomen: este movimiento les hace ejecutar auténticos saltos para atrás.

El estudio de los embriones de los animales permite resolver algunos problemas apasionantes que conciernen a la arquitectura del cuerpo de los adultos. Desde este punto de vista, el reino animal puede dividirse en tres grandes categorías. La primera está formada por los animales unicelulares: los protozoos. La segunda está constituida por los animales pluricelulares (metazoos) cuyo embrión no tiene sino dos capas de células, el ectodermo y el endodermo. En este grupo de las especies diblásticas se clasifica a las esponjas (espongiarios), en las que a menudo falta la simetría, y los celentéreos; entre estos últimos, los cnidarios poseen una simetría generalmente radiada (tanto los hidrozoos como las hidras y las anémonas de mar; los escifozoos o las medusas; los antozoos o los corales); los celentéreos cnidarios, o ctenóforos, en contrapartida, tienen muy frecuentemente una simetría bilateral o casi bilateral.

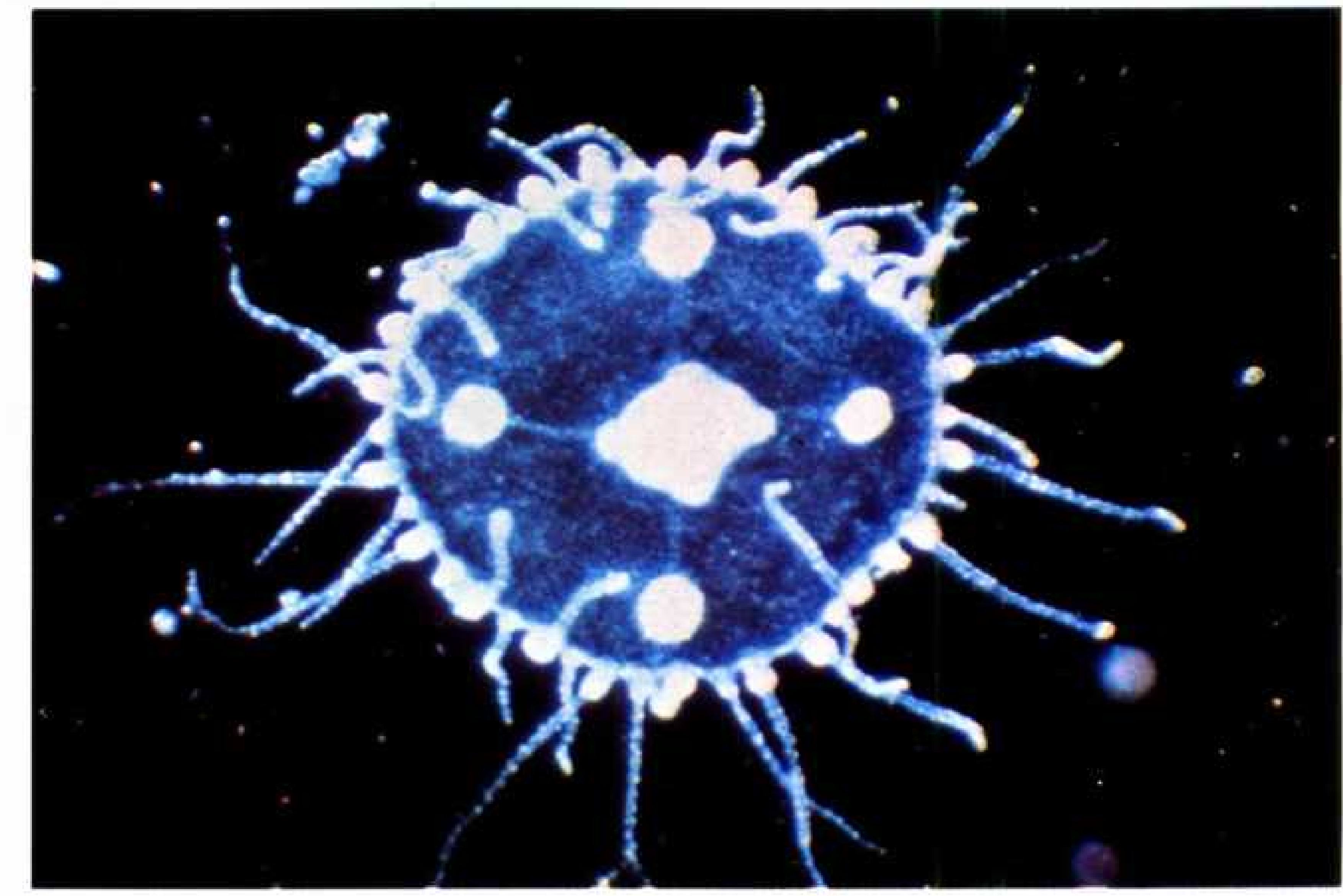
La tercera gran categoría animal es la de los metazoos cuyo embrión posee tres capas celulares (ectodermo, mesodermo y endodermo): estos animales triblásticos comprenden los gusanos planos, los gusanos redondos, los gusanos anélidos, los artrópodos, los moluscos, los equinodermos, los procordados y los vertebrados. Aparte de los equinodermos, presentan en su mayoría una simetría bilateral.

El arte del movimiento es sumamente complejo. Y han sido los seres microscópicos los que lo inventaron. En éstos, el desplazamiento en el agua está asegurado, sea por cilios vibrátiles (cuya acción permite nadar) o por la emisión de seudópodos (a la manera de las amebas), o también por la acción de uno o de varios latiguillos o flagelos. El movimiento no es propio de los animales unicelulares: los vegetales microscópicos lo practican también (como las euglenas, los silicoflagelados y los mixomicetos), e incluso las células reproductoras masculinas (espermatozoides).

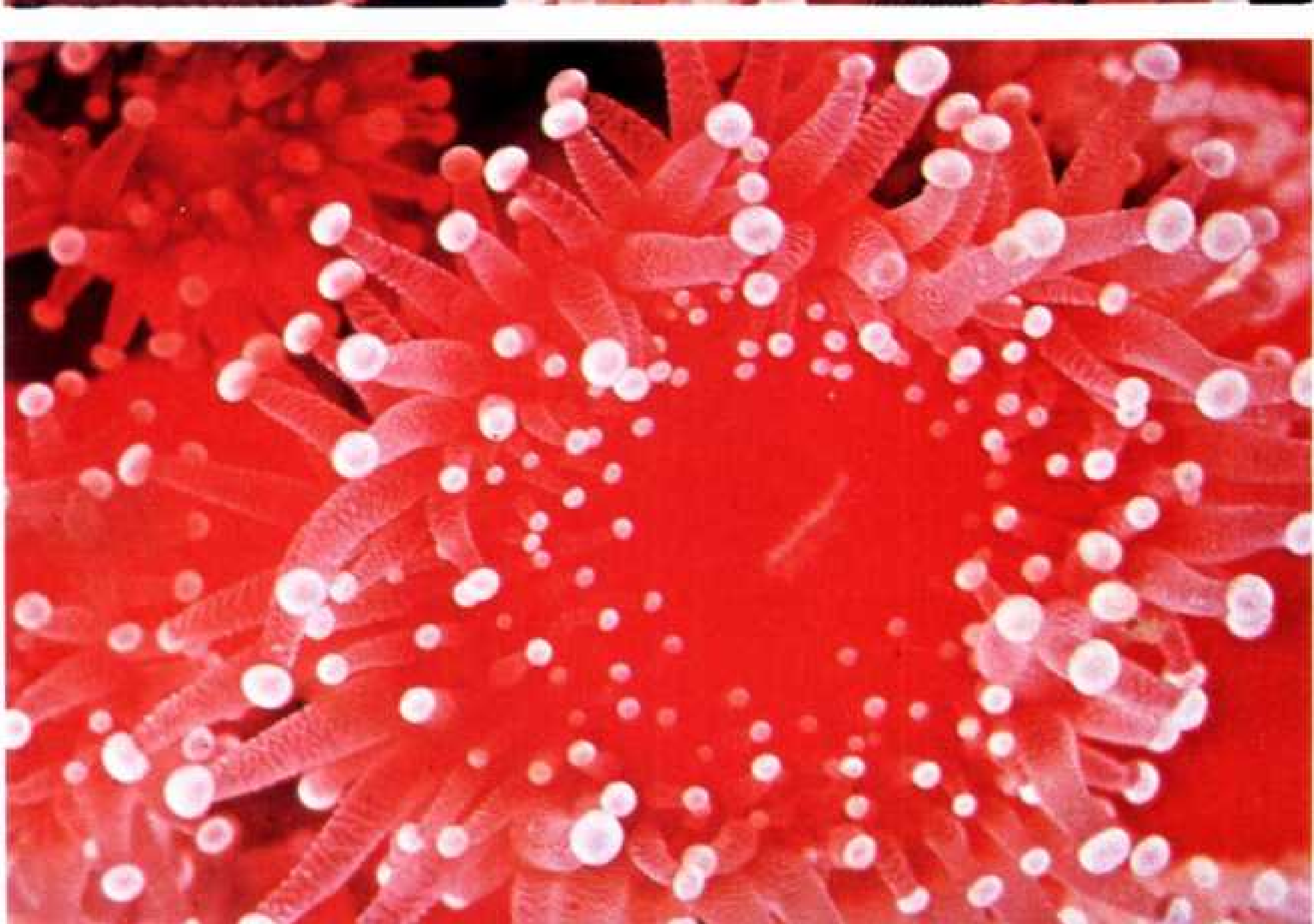
En los animales pluricelulares, el movimiento depende a veces también de cilios; así avanzan ciertos ctenarios. Pero las más de las veces pone en juego tejidos especializados, formados por células contráctiles muy modificadas con relación a

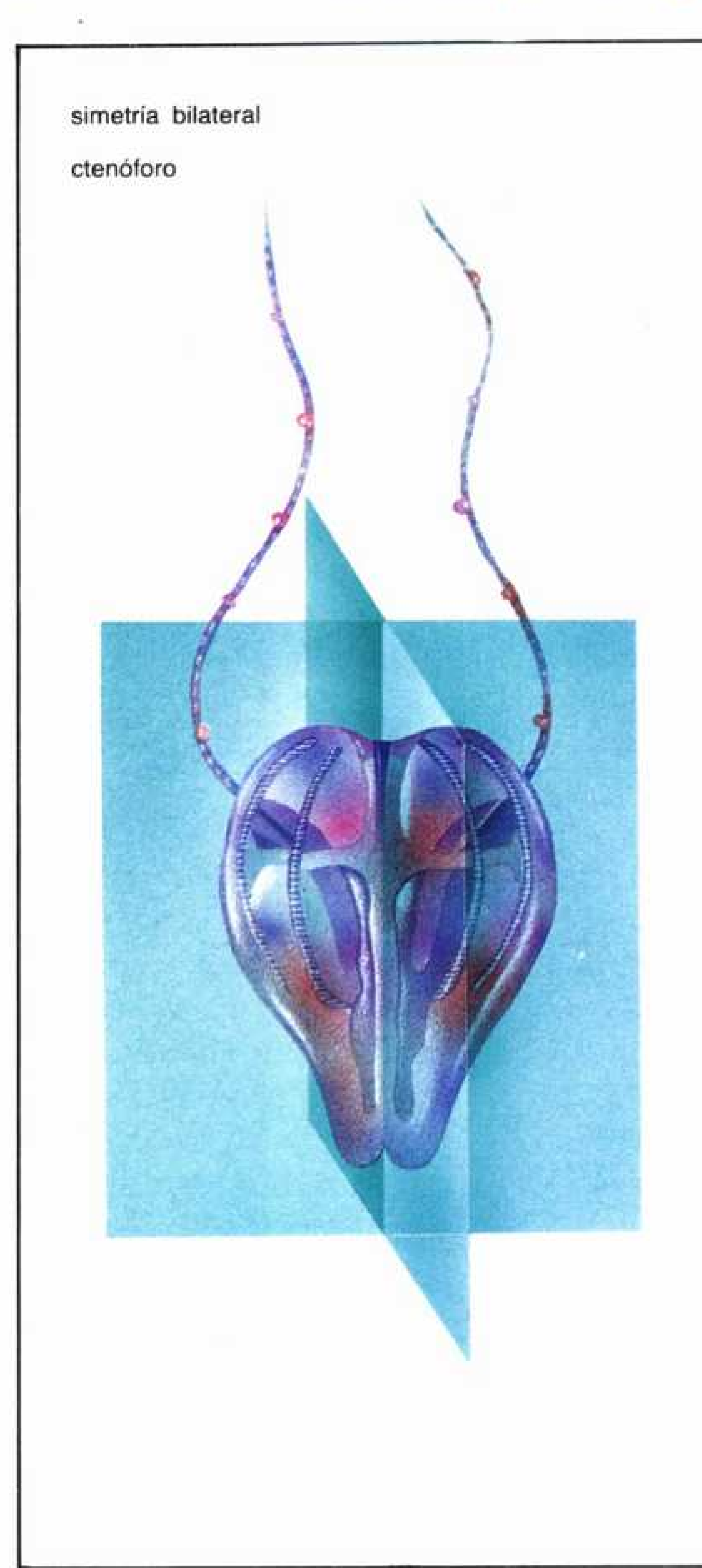






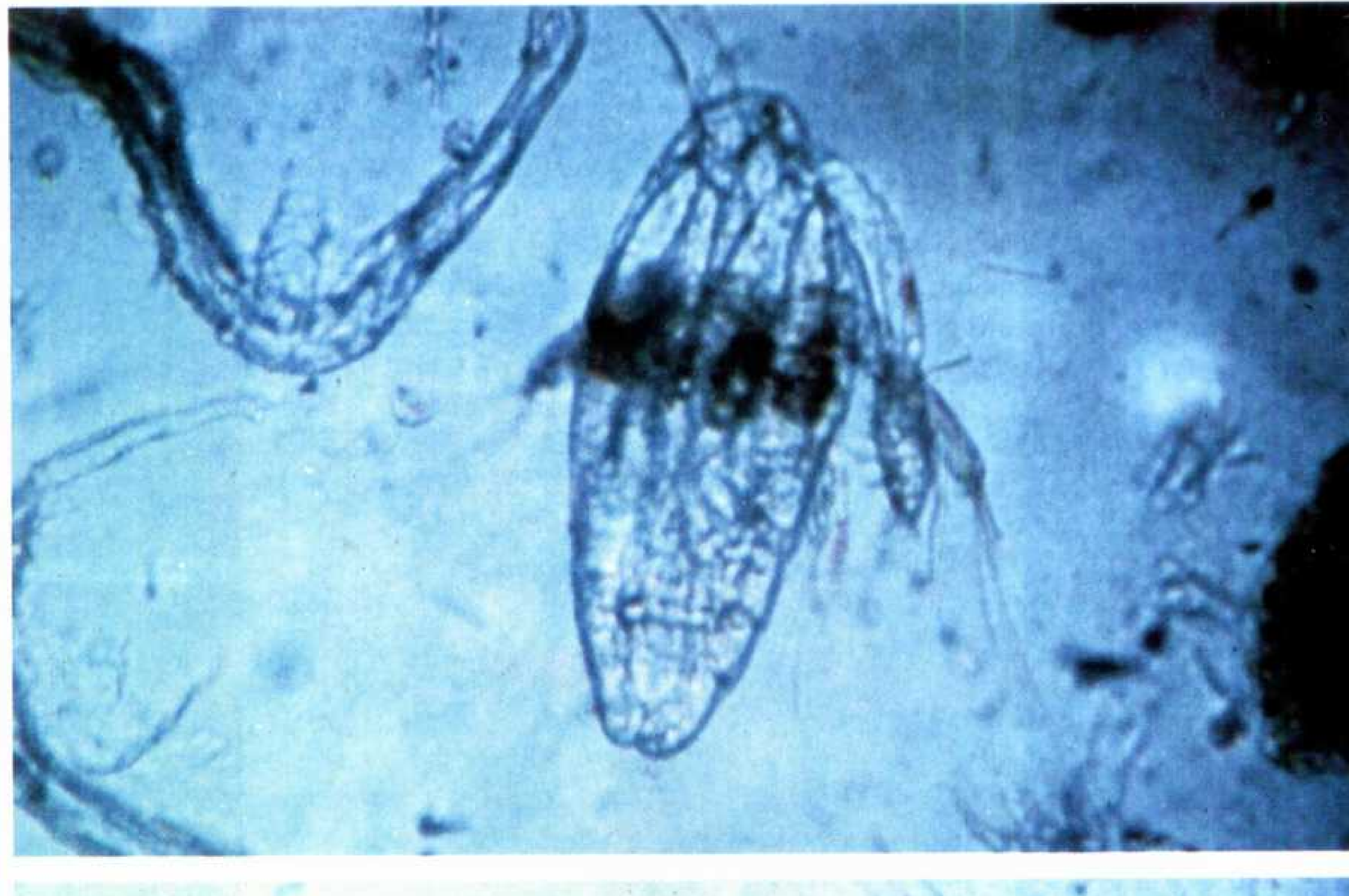


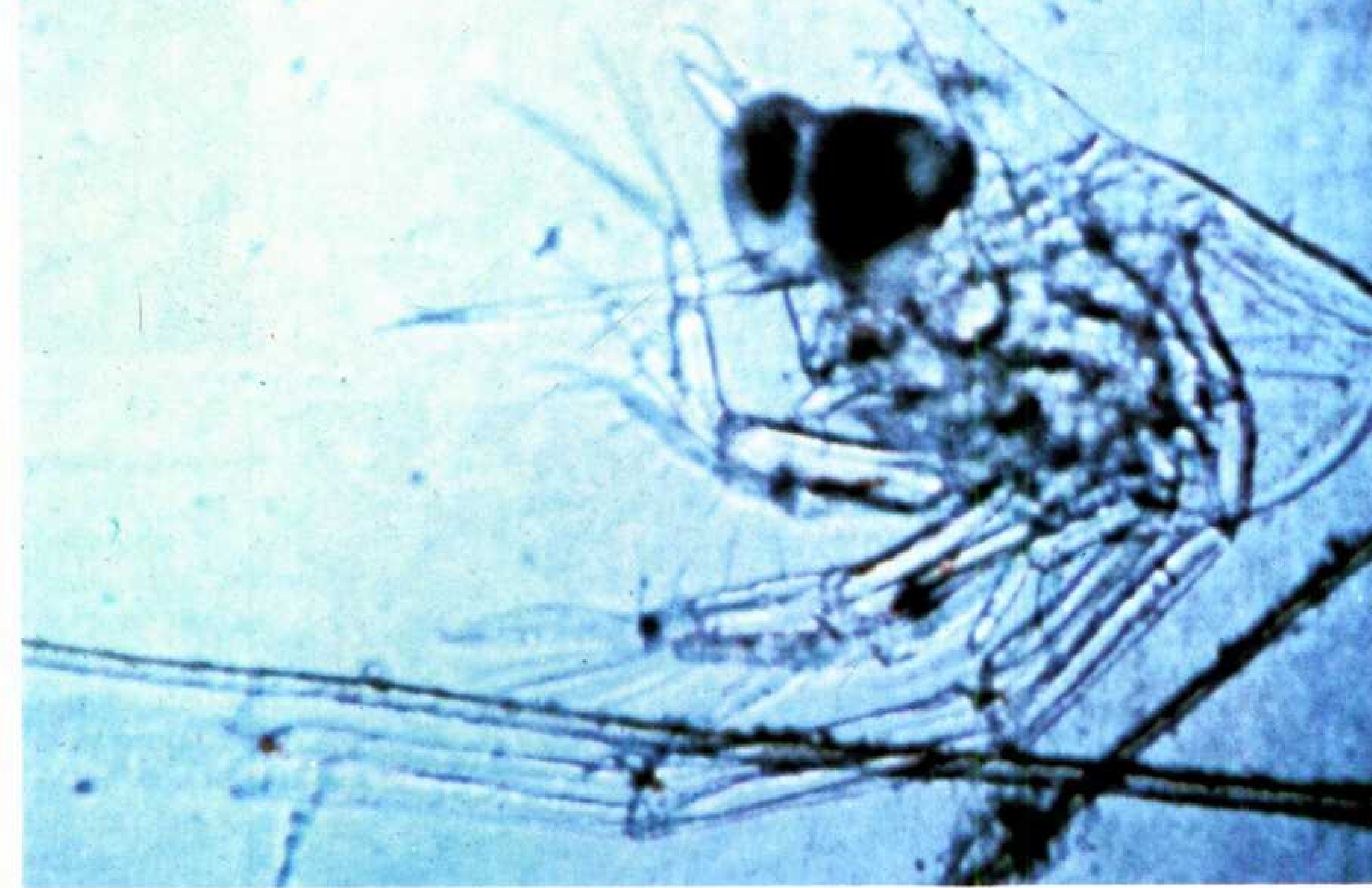


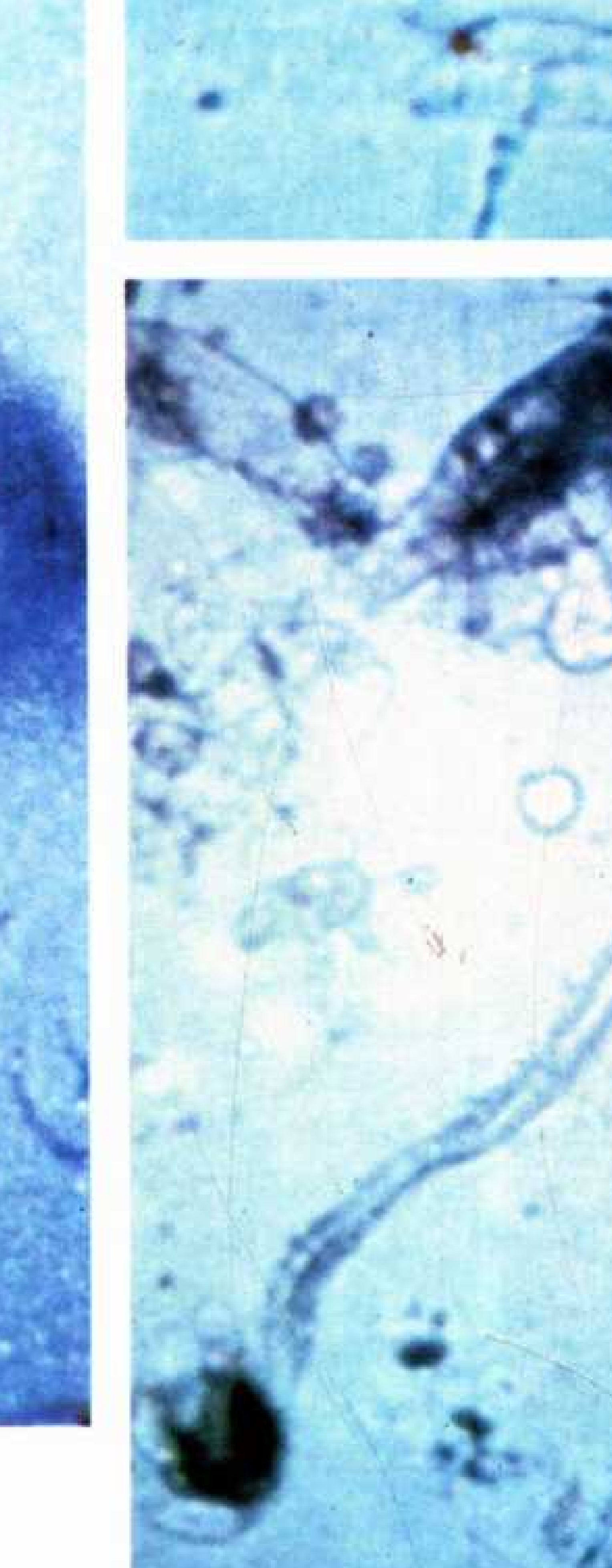


Los tipos de simetrías. *La organización del cuerpo de los animales pluricelulares, con algunas pocas excepciones, obedece a una cierta simetría. La simetría radial es muy frecuente en los celentéreos cnidarios, cuyo ejemplo puede ser la anémona de mar (esquema de arriba, a la izquierda). Entre los demás cnidarios concebidos sobre el mismo plano, podemos citar a las medusas (las dos fotografías de encima). Las dos fotografías de la izquierda muestran a anémonas de mar rojas, con (en la de arriba) un gusano anélido sedentario, con los tentáculos desplegados y, él también, una simetría llamada bilateral. Este segundo gran tipo de organización corporal fue, por decirlo de algún modo, «inventado» en el curso de la evolución por los celentéreos cnidarios, o ctenóforos (en el dibujo de al lado, a la izquierda).*

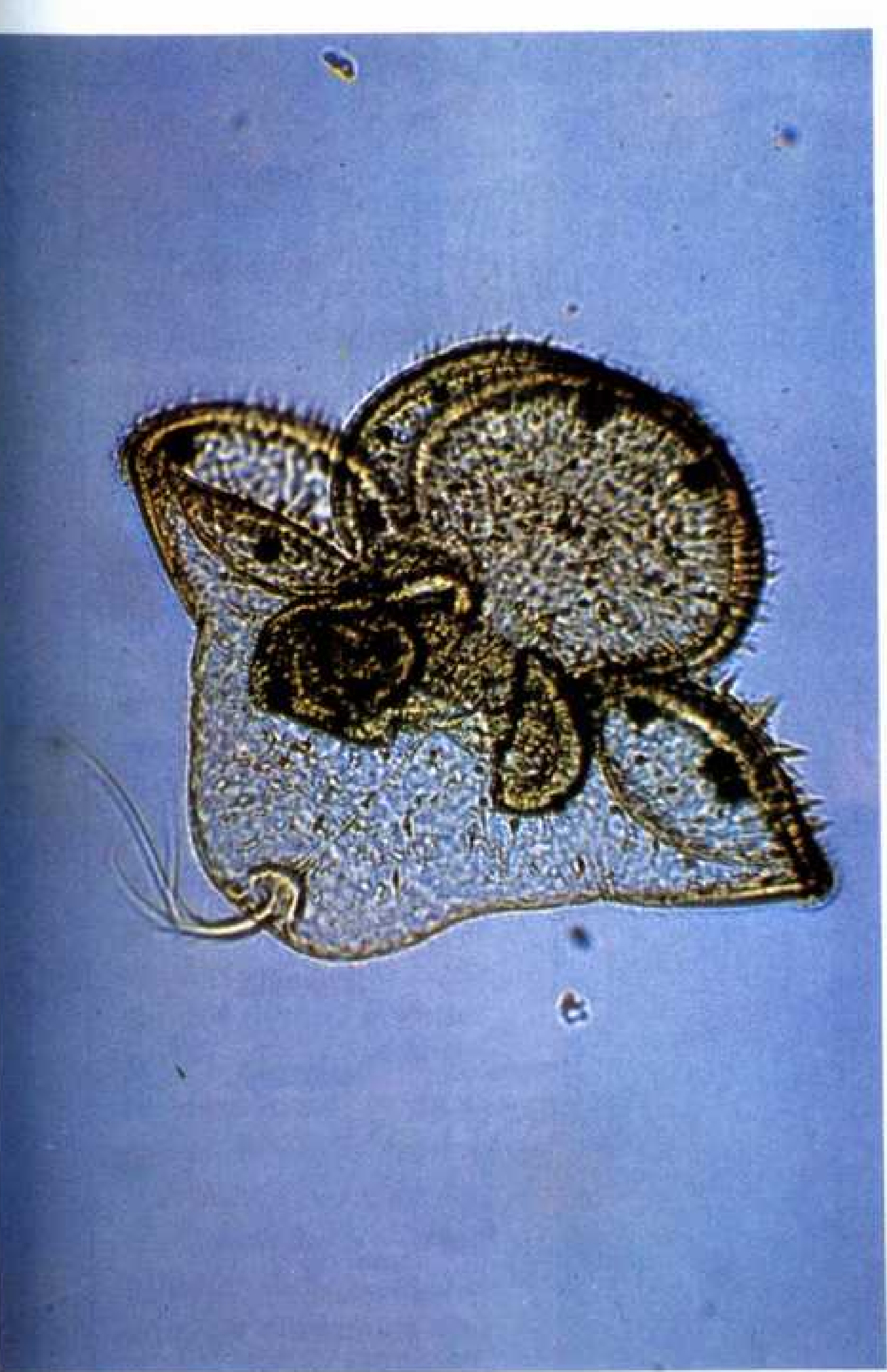








Los movimientos del plancton. *A pesar de todo, los seres planctónicos son capaces de nadar. Las larvas que componen una buena parte del zooplancton evolucionan gracias a diversos dispositivos motores (cilios vibrátiles, seudópodos o patas articuladas, paletas natatorias, etc.). Esta página muestra algunos ejemplares vistos al microscopio. En la página siguiente, arriba: dos dinoflagelados, algas microscópicas provistas de flagelos. Abajo: una larva de gusano nemertino* Cerebratulus lacteus.

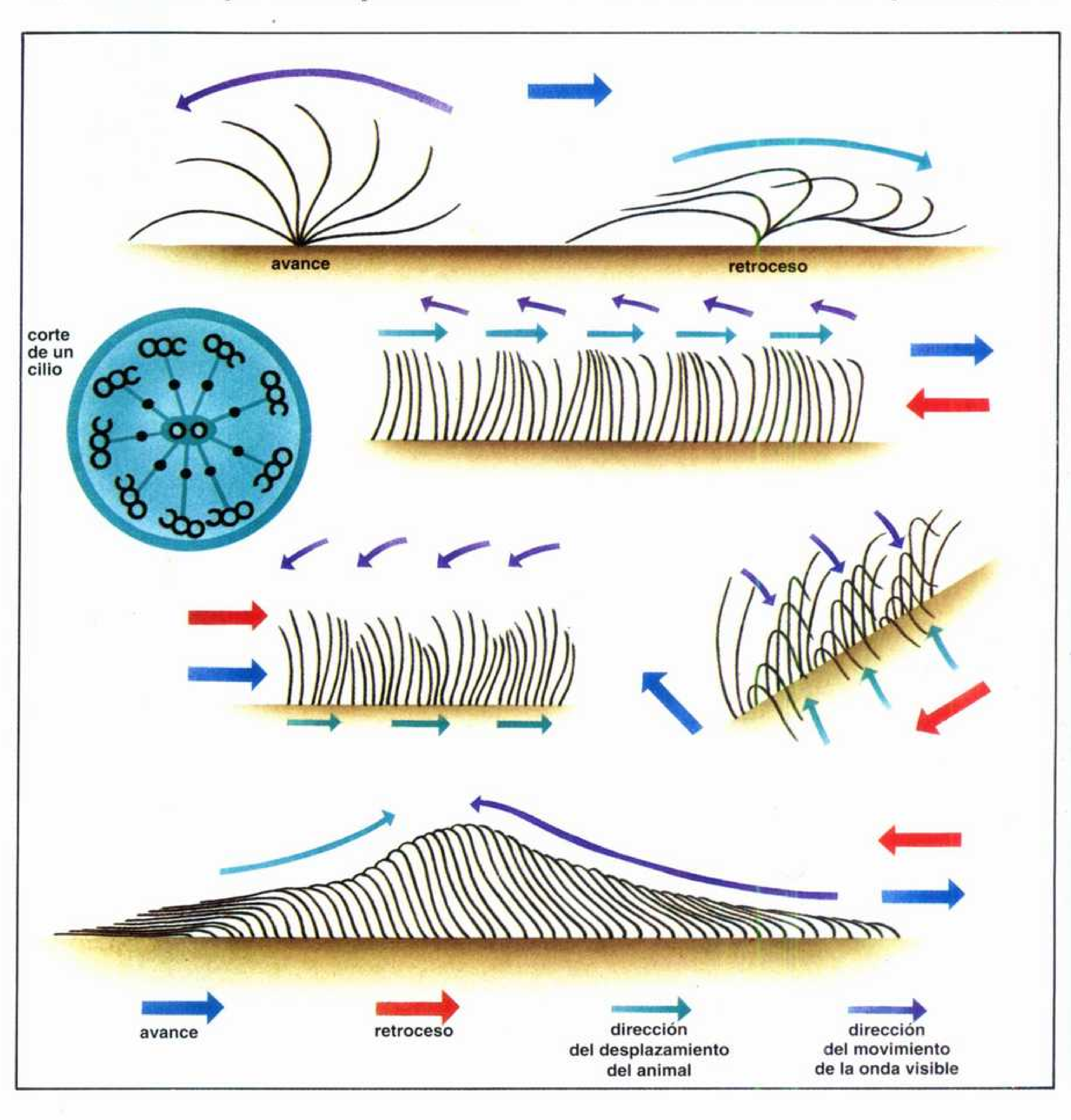


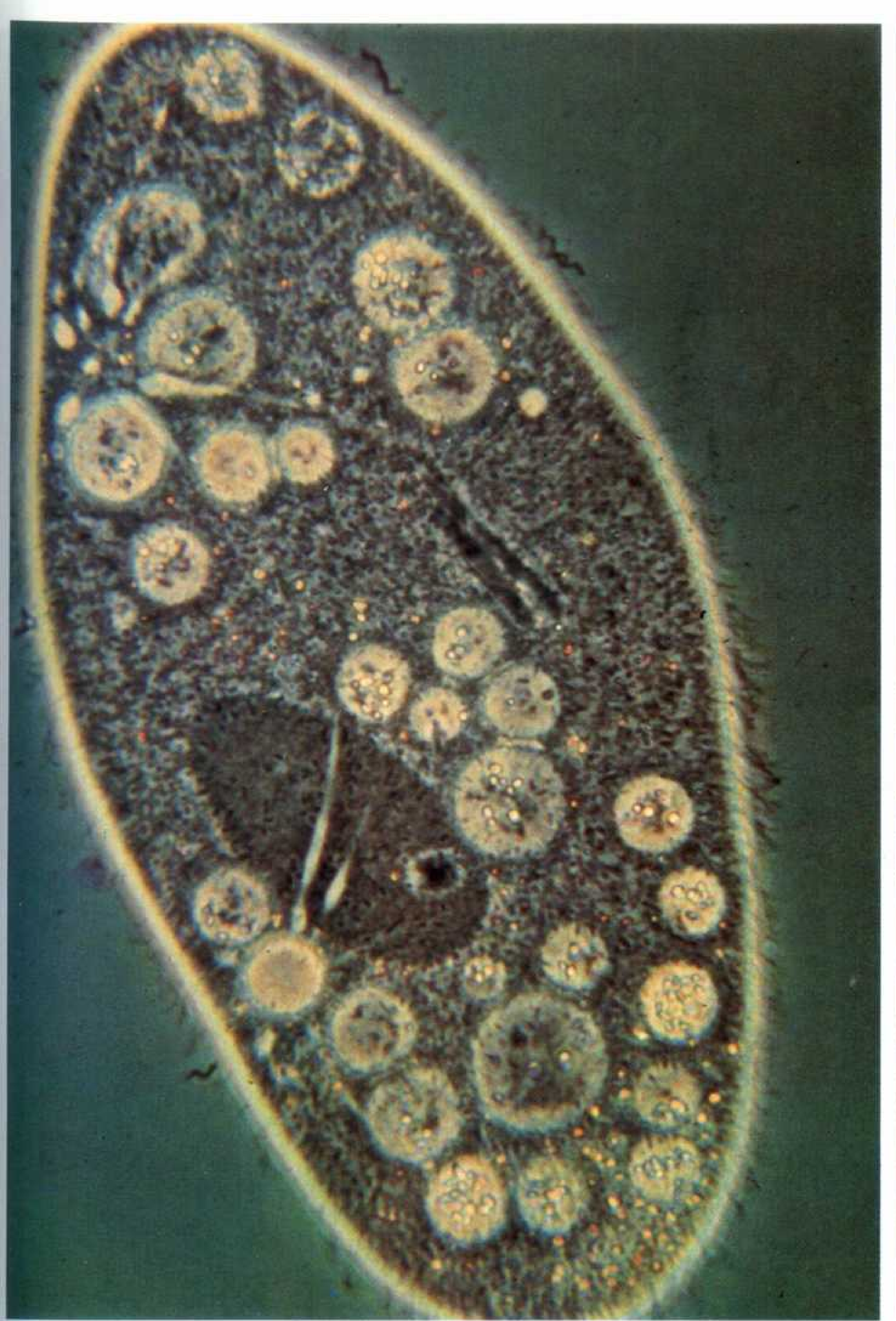
las demás: los músculos. Estos se encuentran en mayor o menor grado bajo la dependencia de fibras nerviosas, que coordinan su acción. Incluso en un animal sumamente simple, como la gran medusa aurelia *(Aurelia)*, que no posee sistema nervioso en cuanto tal, las contracciones de la sombrilla están reguladas por la excitación «en fase» de células neuronales diseminadas.
En el transcurso de la evolución, la arquitectura del cuerpo evolucionó tempranamente en función de la necesidad de asegurar un rendimiento óptimo de la acción de los músculos. En los animales que reptan o que marchan, las velocidades alcanzadas no pueden ser considerables. La naturaleza ha obrado sobre todo de manera que se refuercen las defensas individuales (caparazones, espinas, etc.). En las especies nadadoras es esencial el hidrodinamismo: éste permite obtener el mejor rendimiento energético posible, y la mayor eficacia del desplazamiento. La resistencia del agua, su viscosidad, los fenómenos de turbiedad originados por los cuerpos que en ella se desplazan: todo esto dicta limitaciones de formas. El organismo debe ser ahusado, de manera que hienda el agua, y construido de suerte que el deslizamiento del líquido a lo largo de sus flancos se efectúe lo más armoniosamente posible.
Se puede establecer un paralelo entre las técnicas de propulsión de los animales acuáticos y las que el hombre ha inventado. Pero todavía estamos lejos de igualarlas. En el agua, el hombre avanza con una grotesca torpeza si se compara con el nadar de gestos armoniosos que despliega el menor de los peces. Nuestras aletas son pálido remedo de las aletas de los peces. Nuestros trajes isotermos no valen gran cosa, comparados con la capa de grasa de los delfines y las focas. Pero, sobre todo, nuestra musculatura es demasiado débil para garantizarnos los rendimientos de que son capaces los grandes corredores del océano. Hemos aplicado simplemente a nuestros ingenios de navegación los mismos principios que han perfilado el cuerpo de los peces y de los delfines, y hemos sustituido la energía muscular por otras formas de potencia.

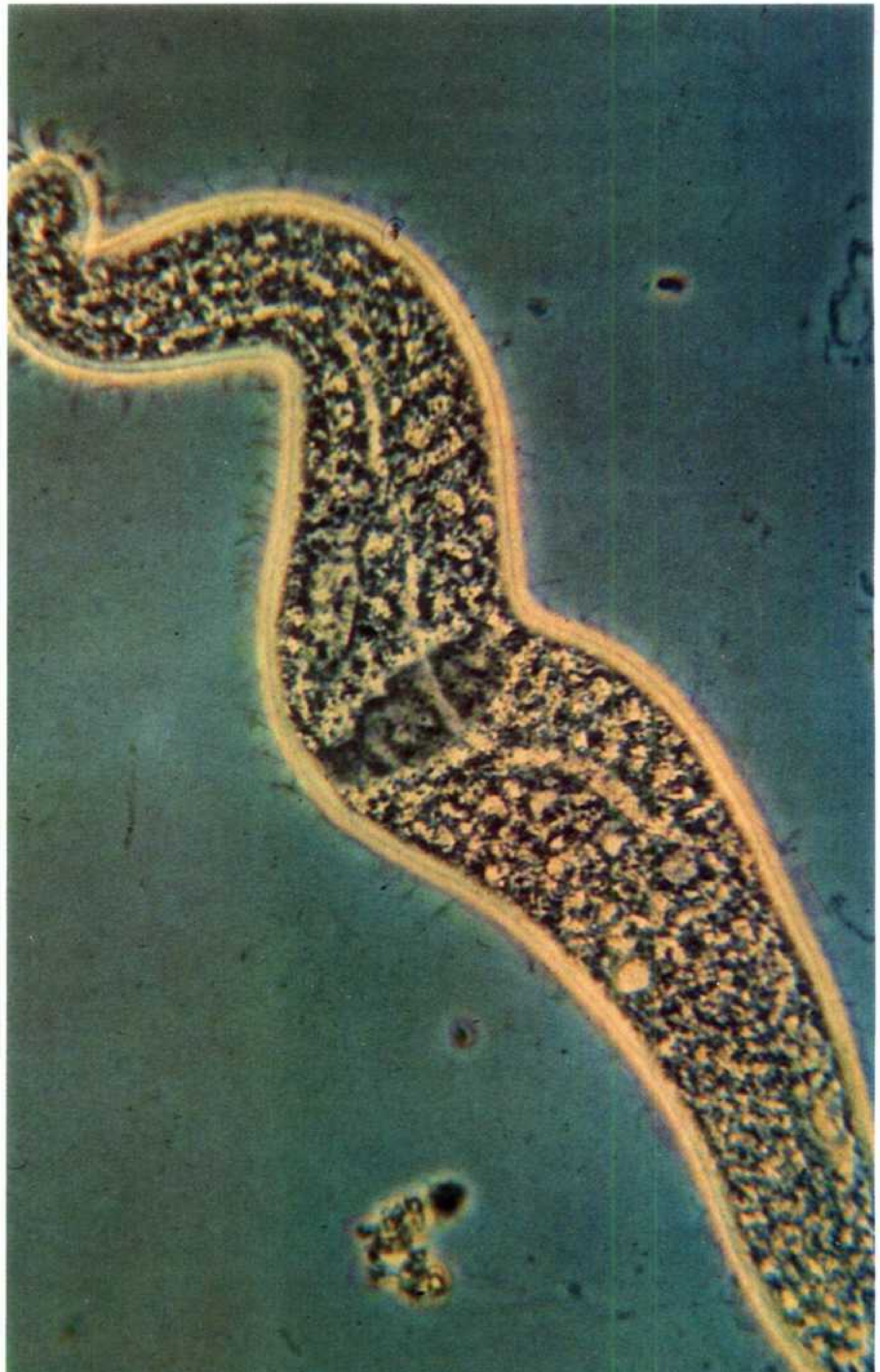
La invención del movimiento

Los biofísicos afirman acertadamente que existe una relación precisa entre las dimensiones de un animal y el rendimiento dinámico de sus movimientos. Se puede comprobar esta ley tomando como ejemplo a los platelmintos, es decir, al gran *phylum* de los gusanos planos. Algunos de ellos tienen dimensiones reducidas; otros son más grandes, y algunos hasta gigantescos. Todos están dotados de un número más o menos elevado de cilios vibrátiles, cuyo rítmico movimiento contribuye a la propulsión. Cuando un animal se mueve en un líquido, hay que tener en cuenta la inercia y la viscosidad del medio. La relación entre la inercia y la viscosidad, conocida con el nombre de «número de Reynolds», juega un gran papel; la velocidad de desplazamiento del organismo le es directamente proporcional, y es igualmente proporcional a sus propias dimensiones. En los animales de reducido tamaño, como los infusorios, la fuerza de intensidad es menospreciable en relación con la viscosidad del agua. Cuanto mayor es la especie, más determinante se hace la fuerza de inercia.
Los microplatelmintos, que avanzan gracias a los movimientos de numerosos cilios vibrátiles, obedecen a leyes de desplazamiento muy diferentes de aquellas a las que obedecen las grandes especies del *phylum*. Estas últimas, por lo demás, se sirven no sólo de cilios vibrátiles, sino también de auténticos músculos, situados bajo sus células epidérmicas.
Al igual que los platelmintos representan el paso entre los animales con dos y con tres capas embrionarias (en el orden de la evolución son los primeros seres triblásticos), así también son los que «inventaron» el movimiento muscular.
Cuando los animales no se mueven solamente en el agua, sino también sobre el fondo, la velocidad de su desplazamiento depende de las fuerzas de frotación sobre el substrato. Los platelmintos turbelarios deben, así, vencer esta resistencia, arrastrándose por la arena. Para ello utilizan esencialmente una serie de músculos longitudinales, pero recurren igualmente para ciertos movimientos a los músculos circulares u oblicuos. Los tejidos de los turbelarios son bastante elásticos, fuera de los que constituyen su cavidad gastrointestinal. Lo cual es indispensable para mejorar su rendimiento.
Los estudios de anatomía y de fisiología comparadas han puesto de manifiesto que, desde el punto de vista físico, el cuerpo de los platelmintos se comporta como el de los celentéreos, los cuales están dotados de una especie de «esqueleto hidrostático» compuesto por el agua que los tejidos encierran, y cuya presión varía según el estado de turgencia de las células.

La forma aplanada de los platelmintos, por su parte, es particular: resulta probablemente de una adaptación destinada a facilitar la difusión del oxígeno en sus tejidos, y especialmente la alimentación de los músculos locomotores de ese gas indispensable para las combustiones orgánicas.
Los nemertinos son otros gusanos primitivos que ciertos zoólogos emparentan con los platelmintos, a los que efectivamente se parecen en muchos aspectos, pero que poseen también ciertas particularidades propias. Tienen un cuerpo cilíndrico, pero éste puede deformarse enormemente por acción de fibras rígidas, dispuestas en hélice; el sistema muscular longitudinal y transversal está también bien desarrollado, y hace posible moverse eficazmente.
Los nemertinos son un poco los contorsionistas del mar: su cuerpo puede alargarse nueve o diez veces más de lo normal sin cambiar de volumen: esta reducción de diámetro les permite pasar por todas partes. En reposo, este mismo cuerpo se comprime y tiende a aplastarse: es entonces cuando estos animales se parecen más a los platelmintos.
G. Chapman, que ha estudiado profundamente los movimientos de los invertebrados, demuestra que los desplazamientos de los platelmintos y de los nemertinos son totalmente semejantes a los de los moluscos gasterópodos, que se sirven de su pie para avanzar sobre el substrato. El avance se obtiene por una sucesión de ondas de contracción que van hacia adelante, mientras que el mucus segregado por el pie le proporciona adherencia a ésta, limitando, no obstante, las fuerzas de fricción.
Chapman escribe: «El mecanismo del movimiento ha sido mucho mejor estudiado en los gasterópodos que en los turbelarios, porque los gasterópodos son más grandes, y en ellos el movimiento de reptación no se complica con la intervención de cilios vibrátiles. Este movimiento consiste, para el animal, en levantar una parte de su pie, alargarlo hacia adelante, apoyar la fracción despegada y servirse de este nuevo punto de apoyo para arrastrar el resto del cuerpo; una serie de estiramientos y de contracciones de este tipo crea una especie de onda regular que permite el desplazamiento.»
Los platelmintos, los nemertinos y los moluscos gasterópodos se mueven así sin palancas, sin miembros. Pero no son los únicos que proceden de este modo. Los imitan también los anélidos poliquetos y los hirudíneos. Entre los primeros, los









Los ciliados. *Los protozoos ciliados, de apenas unas fracciones de milímetro de largo, no por eso dejan de ser animales ya muy organizados. Constituidos por una sola célula, tienen numerosos organitos internos (vacuolas digestivas, etc.), como se ve muy bien en las fotografías de esta página (arriba, a la izquierda: un paramecio; arriba, a la derecha: un holotrico; aquí al lado: una especie del género* Foettingeria). *Estos animales se desplazan creando trenes de ondas sucesivos con ayuda de sus cilios vibrátiles. El esquema de la página anterior indica de qué forma se mueven.*

llamados errantes abundan en el mar: nereis, etc. Los hirudíneos designan a la clase de gusanos anélidos llamados también sanguijuelas: animales propios de las aguas dulces. Entre estos gusanos con anillos, el «esqueleto hidrostático», esto es, el agua contenida en los tejidos, juega un gran papel durante el desplazamiento: el juego de los músculos no podría ejercerse sin él. Sirve de punto de apoyo, pero igualmente también de agente de transmisión de los antagonismos musculares. Los anélidos, que están organizados en una serie de metámeros todos semejantes, poseen fibras musculares longitudinales y circulares otras. Estas fibras están dispuestas de tal suerte que unas tienen una acción antagónica de las otras. Esta estructura eficaz permite movimientos precisos: pero no puede existir si no está controlada por un sistema nervioso ya complejo. Los anélidos son los primeros animales que poseen una cadena ganglionar ventral digna del nombre de sistema nervioso.

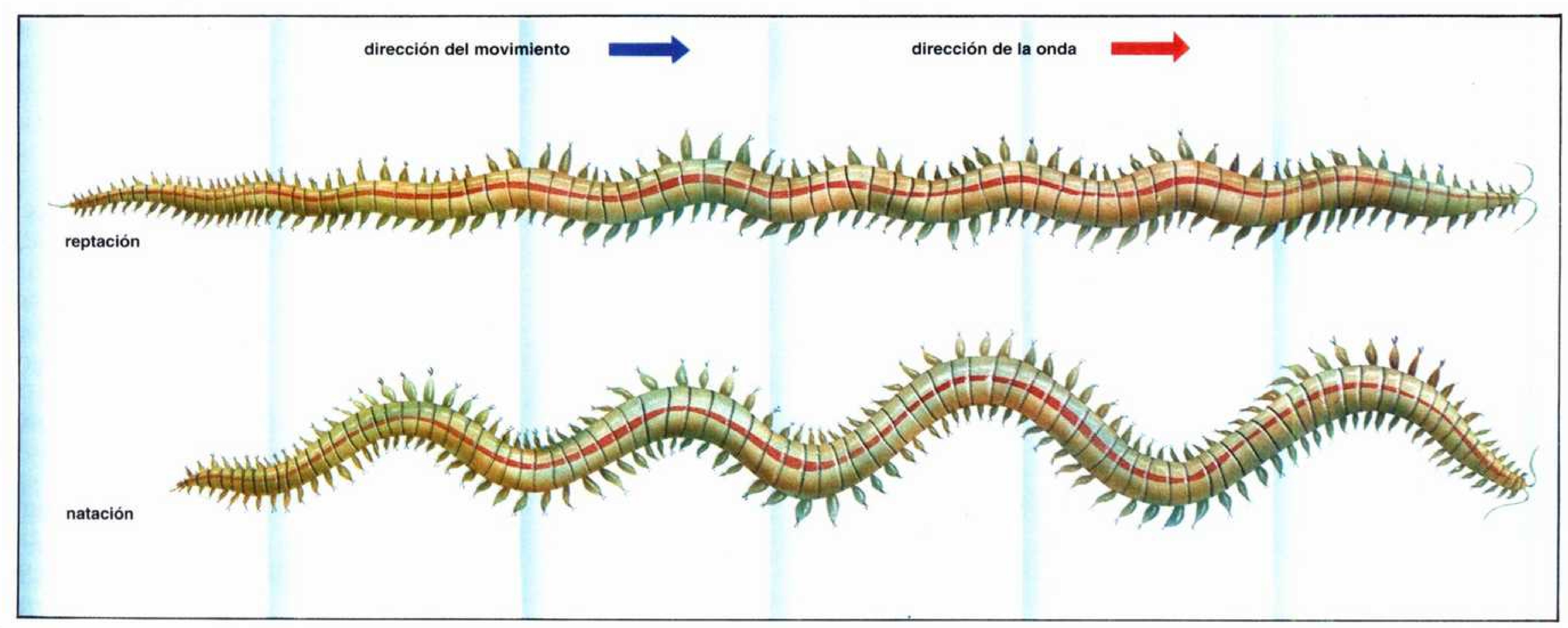
El antagonismo muscular

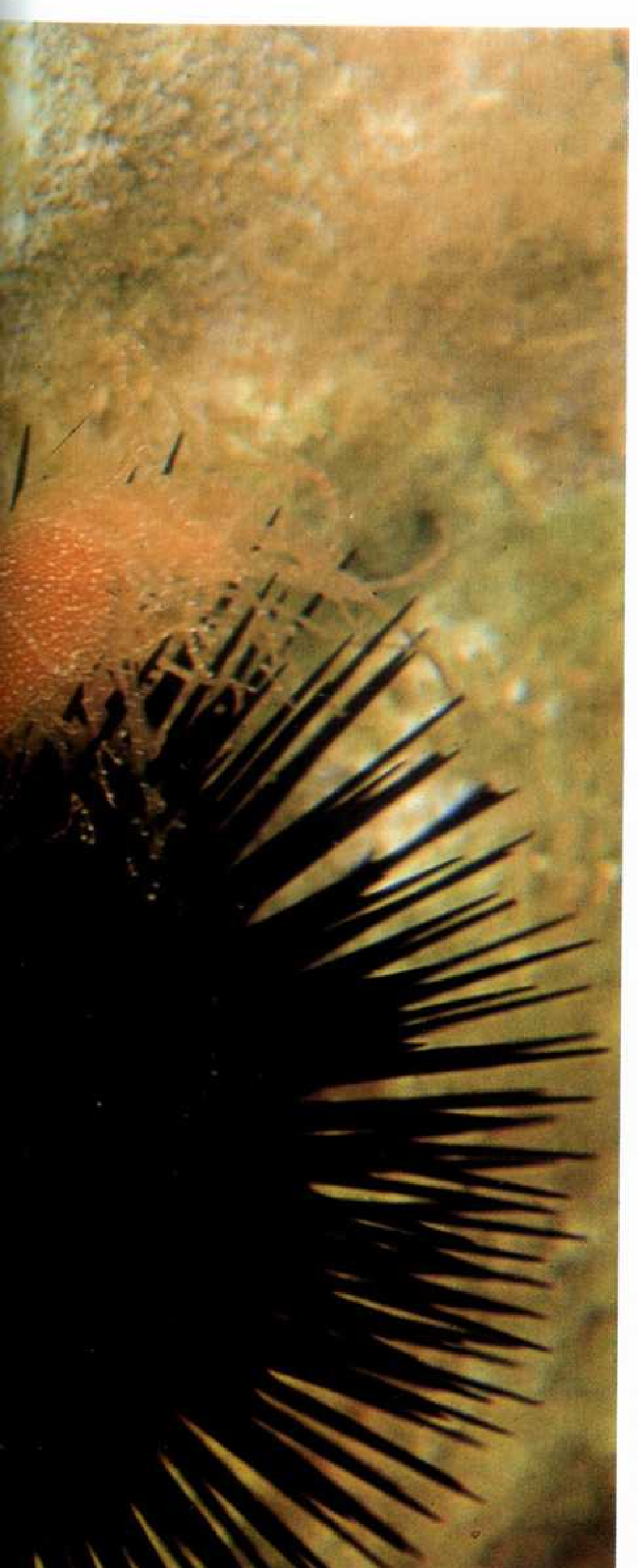
Los anélidos, que poseen un sistema de músculos antagónicos (son los primeros animales en este caso, en el orden de la evolución), tienen también una cavidad celómica y una estructura corporal metamerizada que les confiere una gran eficacia de movimientos. Esta última depende de la actividad de su sistema nervioso.

La combinación de los músculos longitudinales y circulares hace posible cuatro principales tipos de movimientos. El más simple es el movimiento peristáltico: el animal se estira y se contrae parcialmente, de modo que avanza apoyándose en las partes contraídas de su cuerpo. Se observa este modo de actuar en los anélidos oligoquetos, especialmente en los más conocidos de todos, las lombrices de tierra. En los anélidos poliquetos, esencialmente marinos, este movimiento peristáltico se ve entorpecido por el gran número de cerdas que guarnecen cada anillo. El movimiento se ve mejorado por una serie de deformaciones laterales del cuerpo: se trata, así, de una auténtica reptación. Los poliquetos la utilizan sea en el fondo del agua, apoyándose en el substrato para avanzar, o incluso en plena agua: es el líquido entonces el que sirve de punto de apoyo. Este movimiento, no obstante, por económico que sea, no resulta muy eficaz, especialmente si se trata de avanzar rápidamente (para huir de un peligro, etc.). Los anélidos poliquetos errantes mejor dotados, desde este punto de vista, son los nereis y sus parientes. Capaces de ondular ampliamente, su natación es más eficaz.

Desde el punto de vista de la física, el movimiento ondulatorio es a la vez el más difundido y el más eficaz. No sorprende, así, que los animales lo hayan adoptado en el curso de la evolución.

La cuarta forma de avanzar que los anélidos han experimentado es también



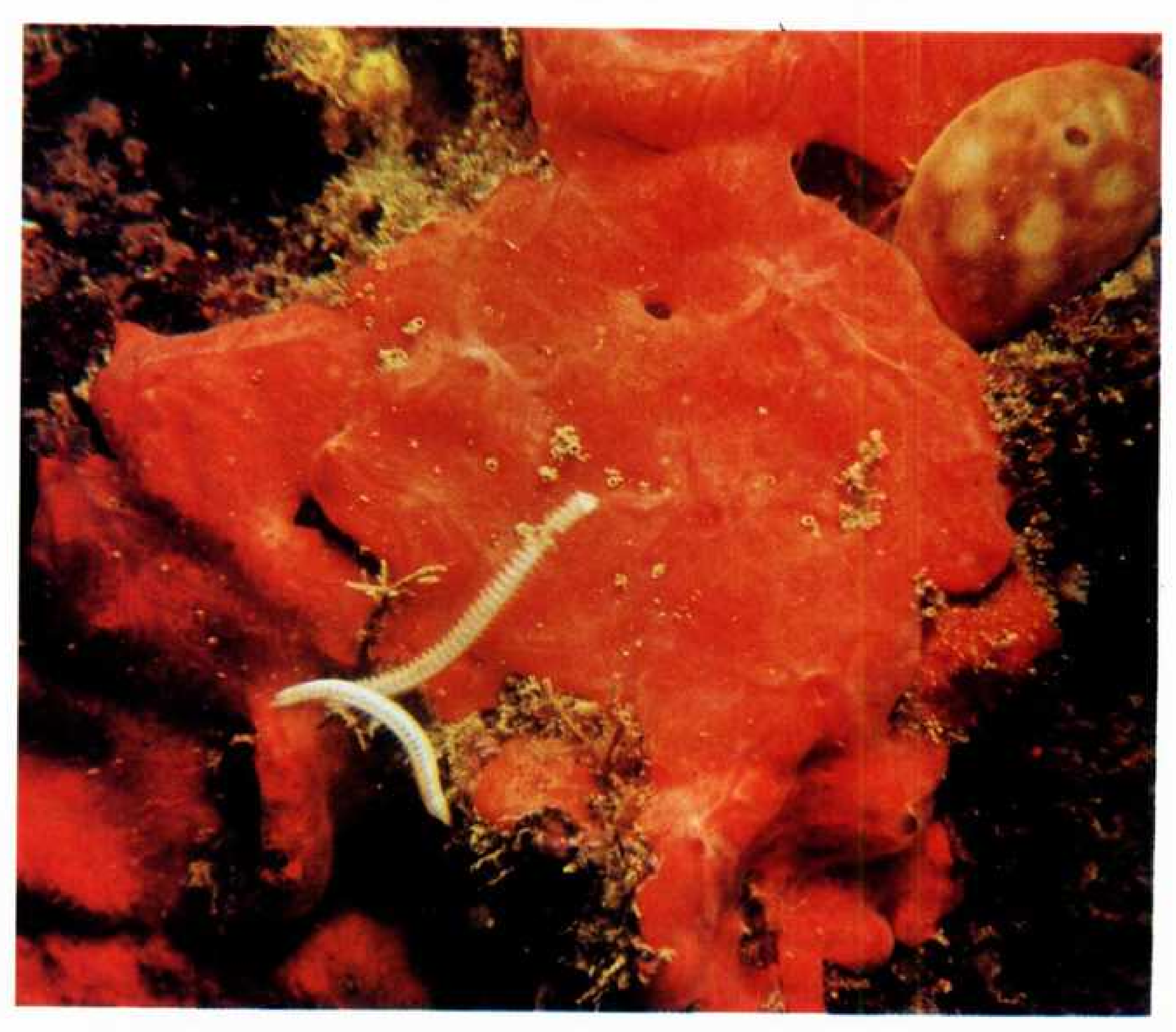


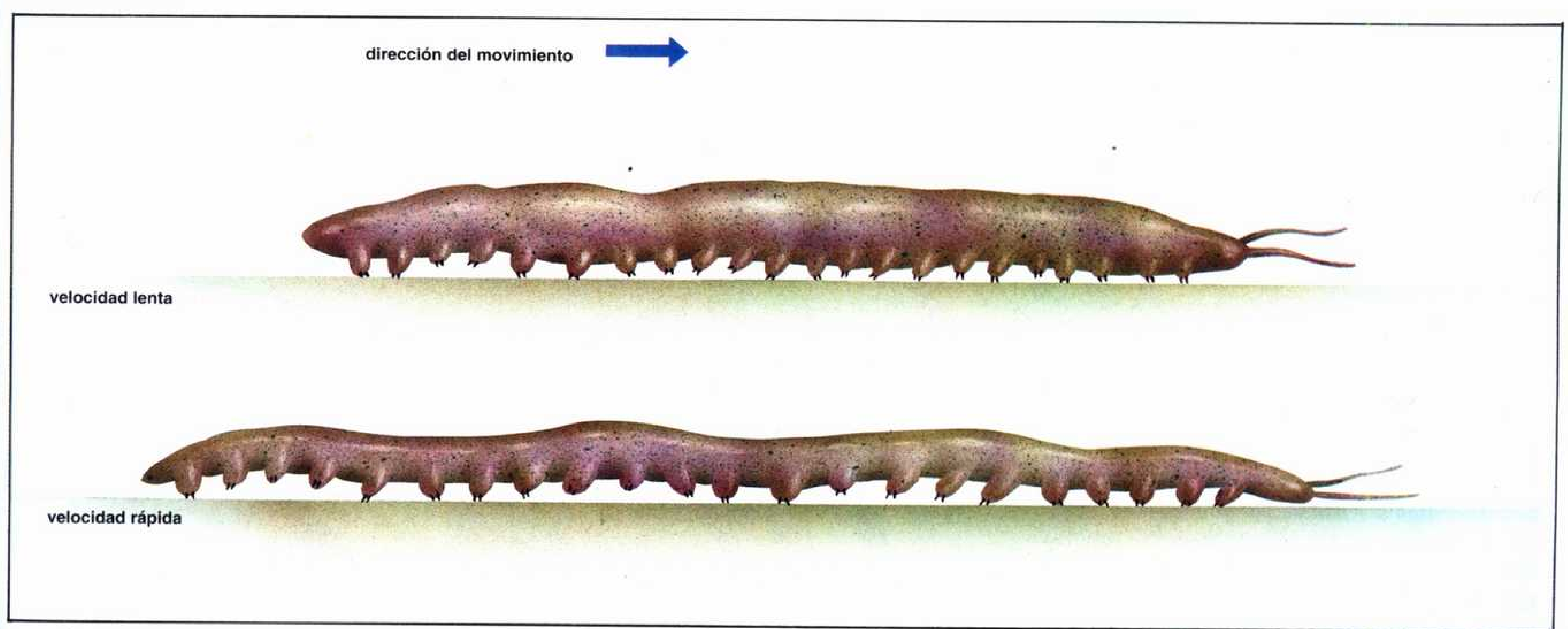


importante, pues ha sido recobrada y perfeccionada por los que fueron probablemente los desdencientes del grupo: los artrópodos (trilobites, merostomáceos, crustáceos, picnogónidos, miriápodos, arácnidos, insectos). Ciertos anélidos, sobre todo entre los poliquetos, disponen de cerdas locomotoras muy móviles, y controladas por músculos sólidos, éstos a su vez conectados a haces nerviosos de coordinación. Las cerdas locomotoras, situadas al cabo de algo así como seudópodos, efectúan un movimiento de marcha cuando el animal se encuentra sobre un soporte.

Este modo de avanzar, oleada de parápodos tras oleada de parápodos, es el que emplean aún las larvas de los insectos (moscardas, por ejemplo), así como los miriápodos (ciempiés). Los crustáceos marchadores y los insectos han mejorado el método adquiriendo verdaderas patas locomotoras.

El movimiento ondulatorio. *La progresión de los anélidos poliquetos se obtiene merced a contracciones coordinadas de series de músculos. El dibujo de la página anterior resume los movimientos de reptación y de natación de* Nereis. *Aquí, a la izquierda: el anélido poliqueto* Eupolymia nebulosa *sobre un erizo de mar. Arriba:* Arenicola marina*. Al lado, a la derecha:* Eunice harassii *sobre una esponja roja. En el dibujo de abajo se representa la locomoción de un parartrópodo del género* Peripatus.





La utilización de palancas

Los apéndices articulados de los artrópodos marinos (desde los trilobites, hoy desaparecidos, hasta los crustáceos, pasando por los picnogónidos y los merostomáceos) han permitido a estos animales perfeccionar el movimiento bajo todas sus formas, en la medida en que funcionan como palancas. La fuerza que permiten desarrollar, con un consumo menor de energía, es considerable. Estas palancas no sólo sirven para la marcha: se emplean también para nadar, y asimismo para capturar las presas (pinzas) o para defenderse contra los depredadores.

Los crustáceos de pequeño tamaño del grupo de los entomostráceos y el de los filópodos tienen un caparazón quitinoso poco grueso, y relativamente suave todavía. Sus apéndices, controlados por músculos reducidos, funcionan también con suavidad. No ocurre lo mismo con los crustáceos superiores, en los que la quitina es más gruesa y forma una armadura rígida (cuando no existe, como en los decápodos, está reforzada por inclusiones minerales de carbonato de calcio): en tales animales, los apéndices no pueden moverse sino cuando presentan, en ciertos lugares, puntos de menor espesor de la quitina.

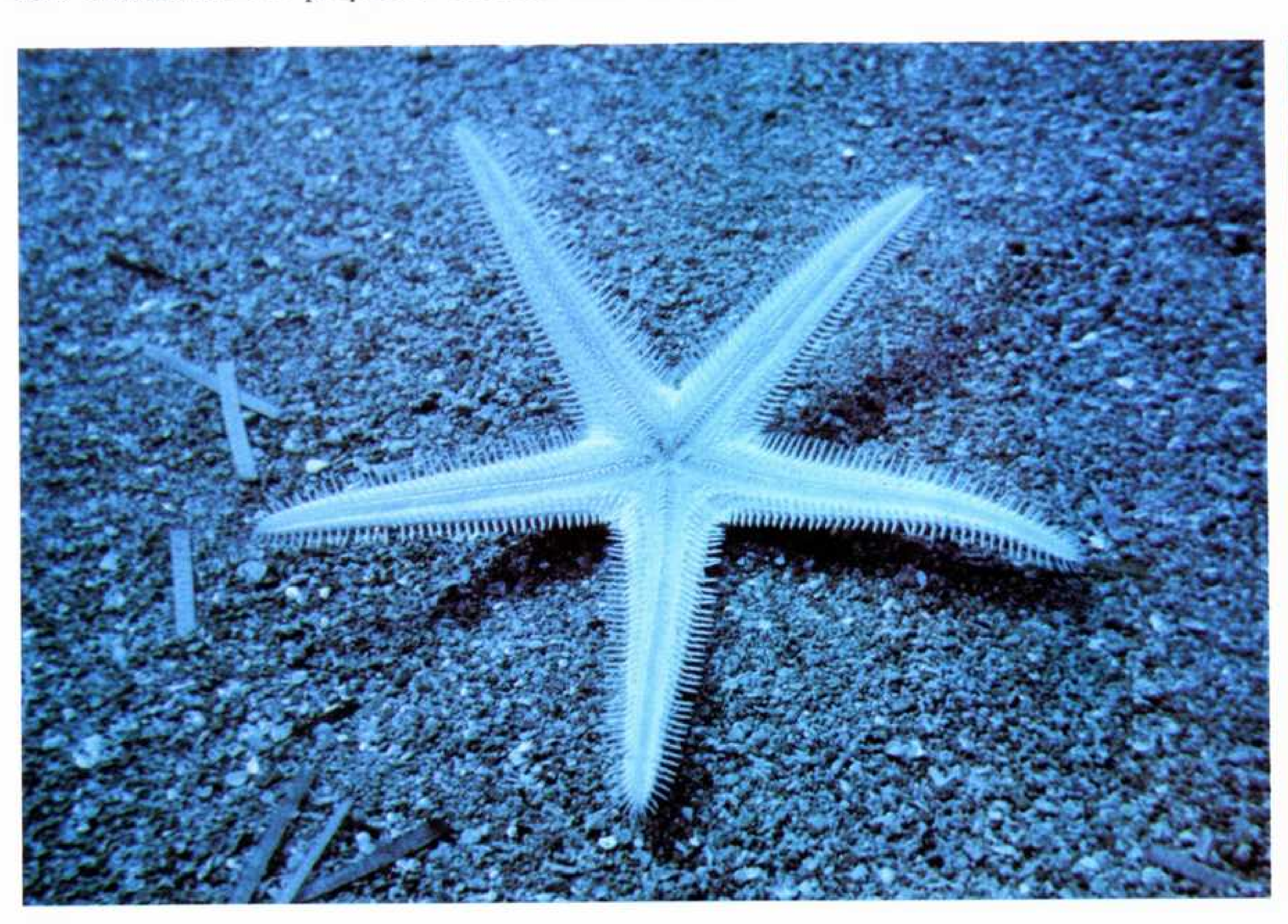
Tanto marchando como nadando, los artrópodos marinos tienen buenas posibilidades de movimiento. Una gamba *(Leander)*, un cangrejo *(Carcinus)*, un isópodo *(Ligia)*, etc., pueden desplazarse fácilmente a distancias bastante grandes, especialmente en busca de presas. Sin embargo, este campo de acción es mucho más reducido que el de los artrópodos terrestres, bien se trate de miriápodos (cardador, ciempiés), de arácnidos (arañas, escorpiones) o, sobre todo, de los insectos.

Estos últimos han desarrollado notables adaptaciones al movimiento, especialmente adquiriendo patas saltadoras (saltamontes, langostas) y naturalmente inventando las alas (libélulas, moscas, mariposas...).

Los movimientos de los apéndices, en los artrópodos, deben estar perfectamente sincronizados, y esto requiere de un sistema nervioso bien integrado. De forma general, a cada serie de músculos le corresponde una serie de músculos antagónicos.

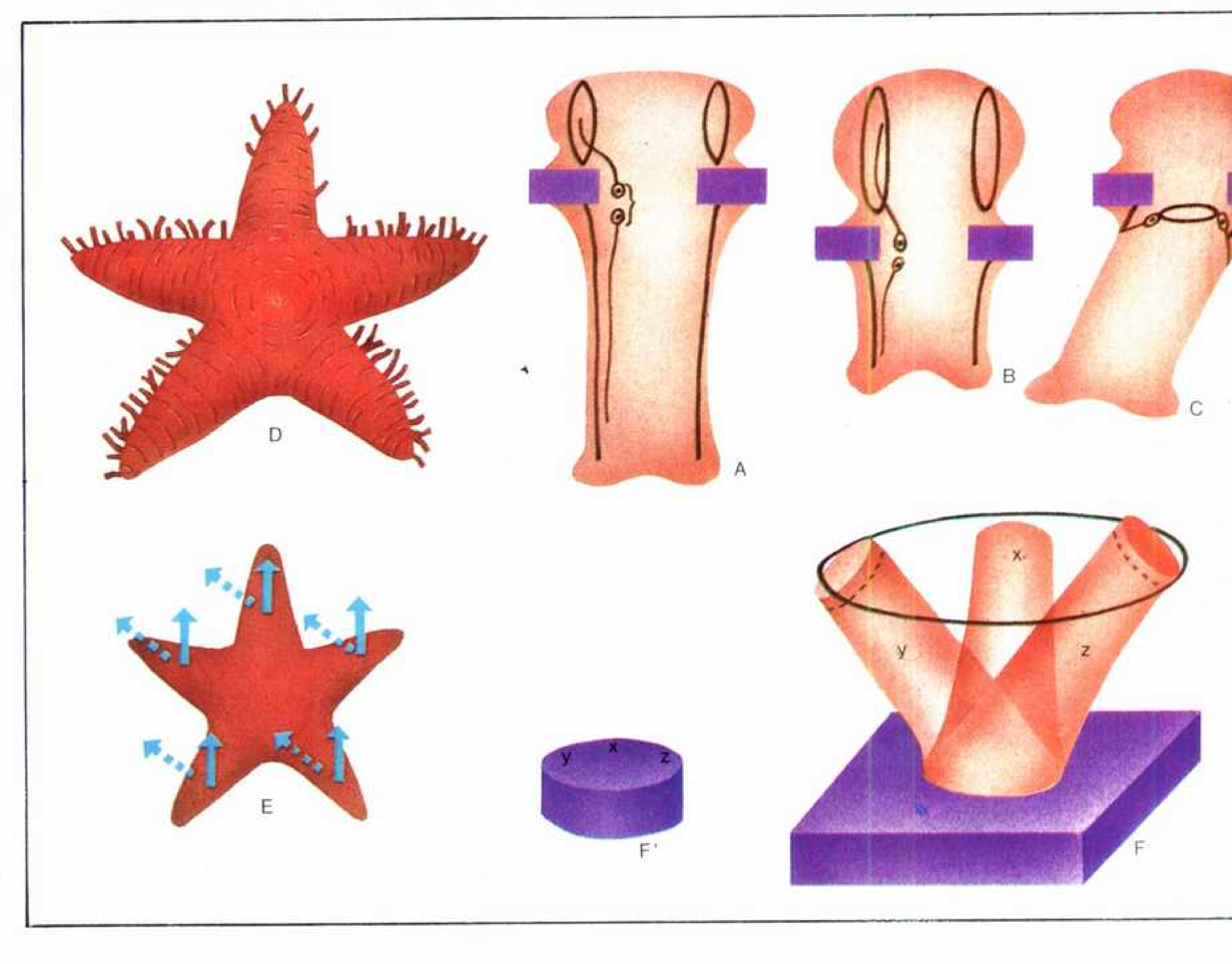
El sistema nervioso de los artrópodos está mucho más elaborado que el de los anélidos, del que probablemente derivan. En los crustáceos, como en todos sus parientes articulados, se encuentra en la cabeza un verdadero cerebro (dividido en tres partes: protocerebro, deutocerebro y tritocerebro), que se prolonga en una cadena nerviosa ventral completa, comportando en general un ganglio por metámero.

Los artrópodos no son los únicos animales que disponen de un esqueleto externo: también los equinodermos tienen, en su mayoría, el cuerpo cubierto de un









grueso caparazón mineralizado (algunos siguen siendo bastante flexibles, como las holoturias, los lirios de mar y los ofiuros; las estrellas de mar lo son ya menos, y los erizos de mar casi nada).

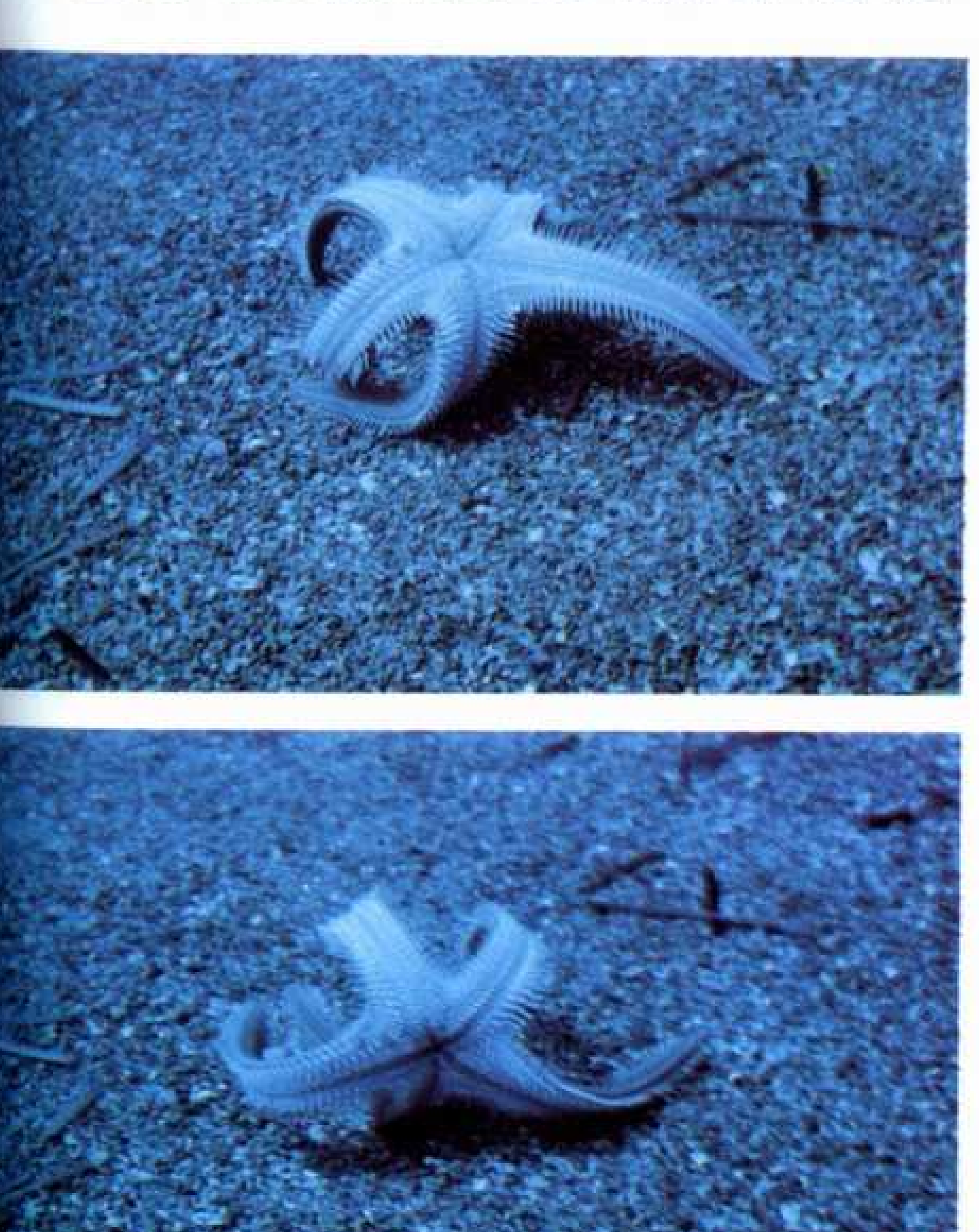
Los equinodermos disponen (cuando no están fijos, como los lirios de mar) de un aparato locomotor eficaz, compuesto de decenas de pequeños apéndices flexibles conocidos como pies ambulacrales. Estos últimos, llamados también *podia,* están siempre en actividad; terminan en una pequeña ventosa, gracias a la cual pueden adherirse al soporte y hace posible a su vez los movimientos del animal. Sirven igualmente para la respiración, al jugar el papel de branquias, y el equinodermo los emplea ocasionalmente para capturar a sus presas.

Los pies ambulacrales se ponen en acción gracias a un sistema acuífero extraordinariamente bien concebido: cada pie puede contraerse o alargarse gracias a la ampolla ambulacral a la que está unido. Esta última se llena o se vacía con un líquido (líquido ambulacral) que extrae o empuja en un anillo acuífero.

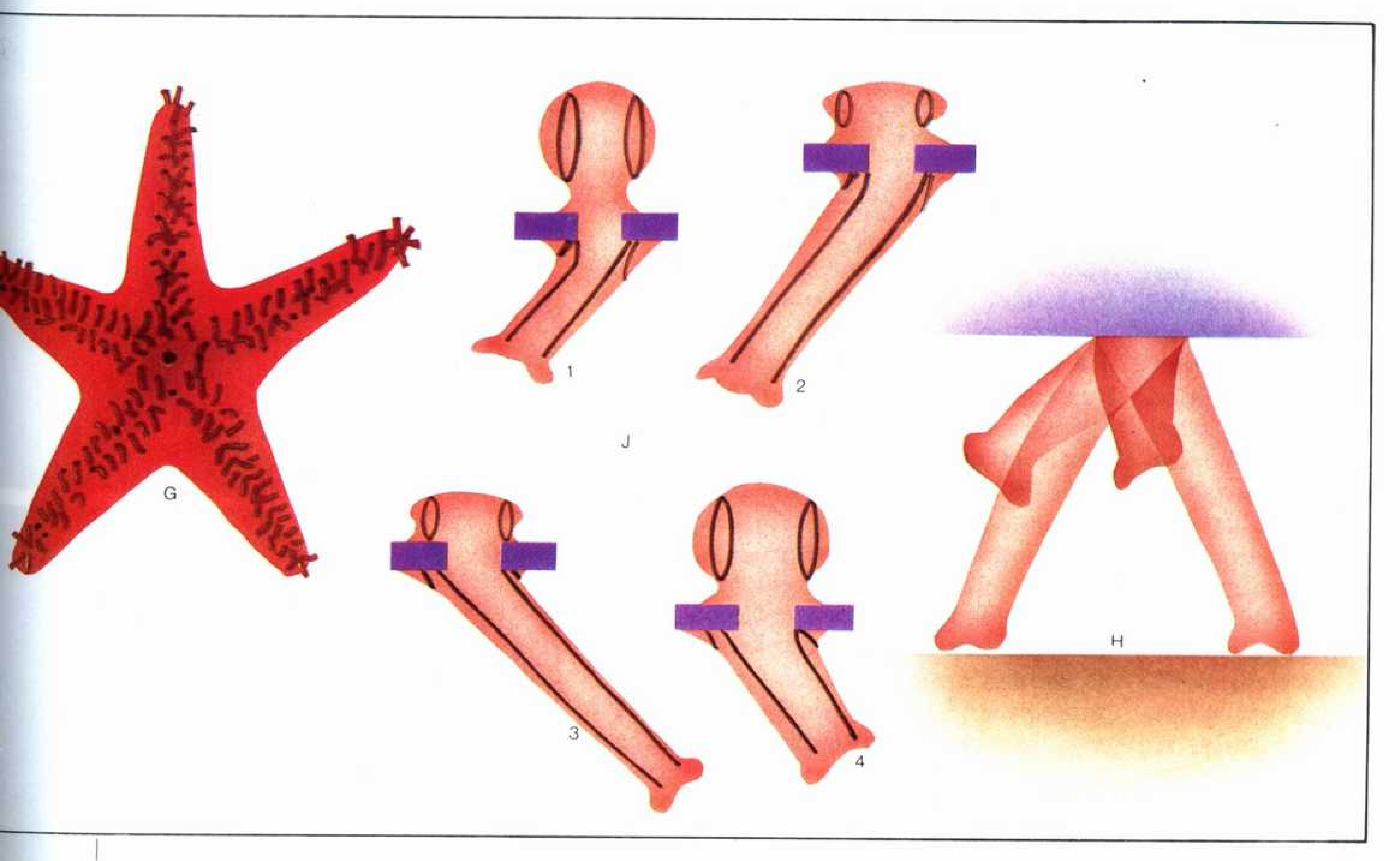
Este, a su vez, rodea el cuerpo del animal, y está en comunicación con el medio ambiente marino por medio de poros acuíferos. El llenado o vaciado de las ampollas (o vesículas) ambulacrales, que provoca la turgencia o el vacío de los *podia,* depende de un sistema nervioso bien integrado también complejo.

Sin embargo, esta forma de locomoción no permite alcanzar grandes velocidades, evidentemente: las holutarias, los ofiuros, los erizos de mar o las estrellas de mar, por ejemplo, sólo lentamente se desplazan por el fondo de las extensiones marinas.

En contrapartida, al emplear ventosas, estos animales son capaces de escalar rocas verticales.







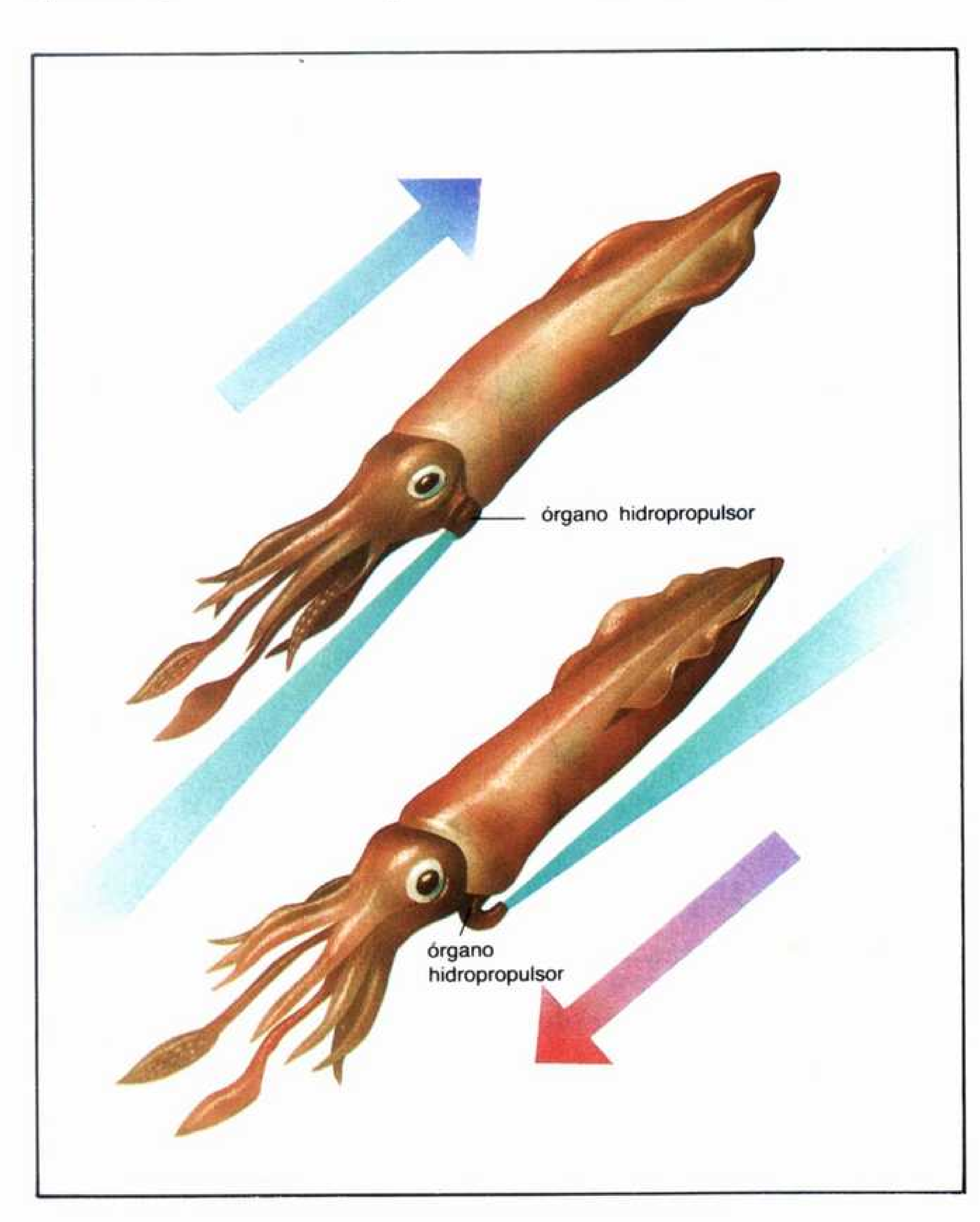
La locomoción de la estrella de mar. *Gracias a sus pies ambulacrales, que funcionan de forma hidroneumática, la estrella de mar puede desplazarse por el fondo, volver sobre el vientre cuando se la vuelca (secuencia de fotografías de arriba) y atrapar a sus presas. A: pie ambulacral alargado; B: el mismo contraído; C: el mismo dirigido hacia la izquierda; D: la estrella de mar vista dorsalmente. E, F (x, y, z) y F': el juego de los músculos de los pies, y las resultantes de las fuerzas aplicadas. G: la estrella de mar vista por su cara ventral. H, J (1, 2, 3, 4): las múltiples combinaciones posibles de movimiento.*

Animales a reacción

EN los moluscos, el órgano del movimiento es el pie; pero éste ha experimentado múltiples variaciones morfológicas en el transcurso de la evolución. En los moluscos lamelibranquios apenas se utiliza, pues estos animales viven fijos sobre el substrato o posados en el fondo; los mejillones son capaces de cambiar de lugar en su roca, desprendiendo uno a uno los filamentos del biso que los tiene atados, y fijándolos algo más lejos; pero es éste, evidentemente, un proceso muy lento. En los moluscos gasterópodos, el pie es funcional: transformado en suela aplastada, ondula en el plano vertical, y determina el movimiento de su propietario. Así se desplazan los caracoles (de mar y de tierra). Los nudibranquios nadan en plena agua de la misma forma: gracias a trenes de ondas; pero éstos afectan a la totalidad de su cuerpo.

Para escapar del enemigo, ciertos moluscos lamelibranquios han «inventado» una forma de propulsión muy original. La emplean sobre todo las vieiras, o conchas de peregrino. Se trata de la reacción. La vieira que advierte la presencia de una estrella de mar (su principal depredador) abre bruscamente las dos valvas de su alojamiento, llena de agua su cavidad paleal y cierra, también bruscamente, las dos mitades de su casa. El agua, expulsada con violencia, ejerce una presión del lado opuesto a la abertura por la que escapa. Esta fuerza de reacción impulsa a la concha a 40 ó 60 centímetros hacia atrás. Los moluscos cefalópodos (calamares, sepias, pulpos) tienen un pie muy modificado, transformado en tentáculos. Estos últimos, provistos de ventosas, permiten a las especies bentónicas marchar por el fondo. Pero tampoco es rápida esta forma de desplazarse. Las especies pelágicas, especialmente los calamares y las sepias, han adquirido, en el curso de la evolución, aletas en forma de largos triángulos adosados a cada lado de la parte posterior del cuerpo. Estos órganos del movimiento sirven sobre todo de estabilizadores. Pero apenas permiten acelerar el avance.

En caso de urgencia, los cefalópodos recurren a otro sistema completamente distinto de propulsión: la reacción, que ellos han reinventado de alguna manera, después de las conchas de peregrino. Llenan de agua su cavidad paleal, y expulsan el líquido por su estrecho sifón respiratorio. La violencia del chorro les permite desplazarse con gran rapidez. Como su sifón puede orientarse en todas direcciones, esta forma de propulsión es tan flexible como eficaz. Los cefalópodos cuentan con un sistema nervioso evolucionado: tienen el cerebro más complejo que se puede encontrar en los invertebrados.











Los movimientos de los moluscos. *El calamar puede expulsar violentamente el agua contenida en su cavidad paleal a través de la abertura en embudo de ésta; dispone, así, de un órgano hidropropulsor que le permite nadar rápidamente según el principio de reacción (aquí a la izquierda). Como puede orientar a voluntad su embudo, le es posible escapar del peligro en cualquier dirección. La sepia (en las tres fotografías de la columna vertical) cuenta con los mismos sistemas de propulsión que el calamar y los demás cefalópodos. Los nudibranquios, que son gasterópodos sin concha, nadan contrayendo espasmódicamente su pie (aquí, a la derecha, y recuadro de la página siguiente).*



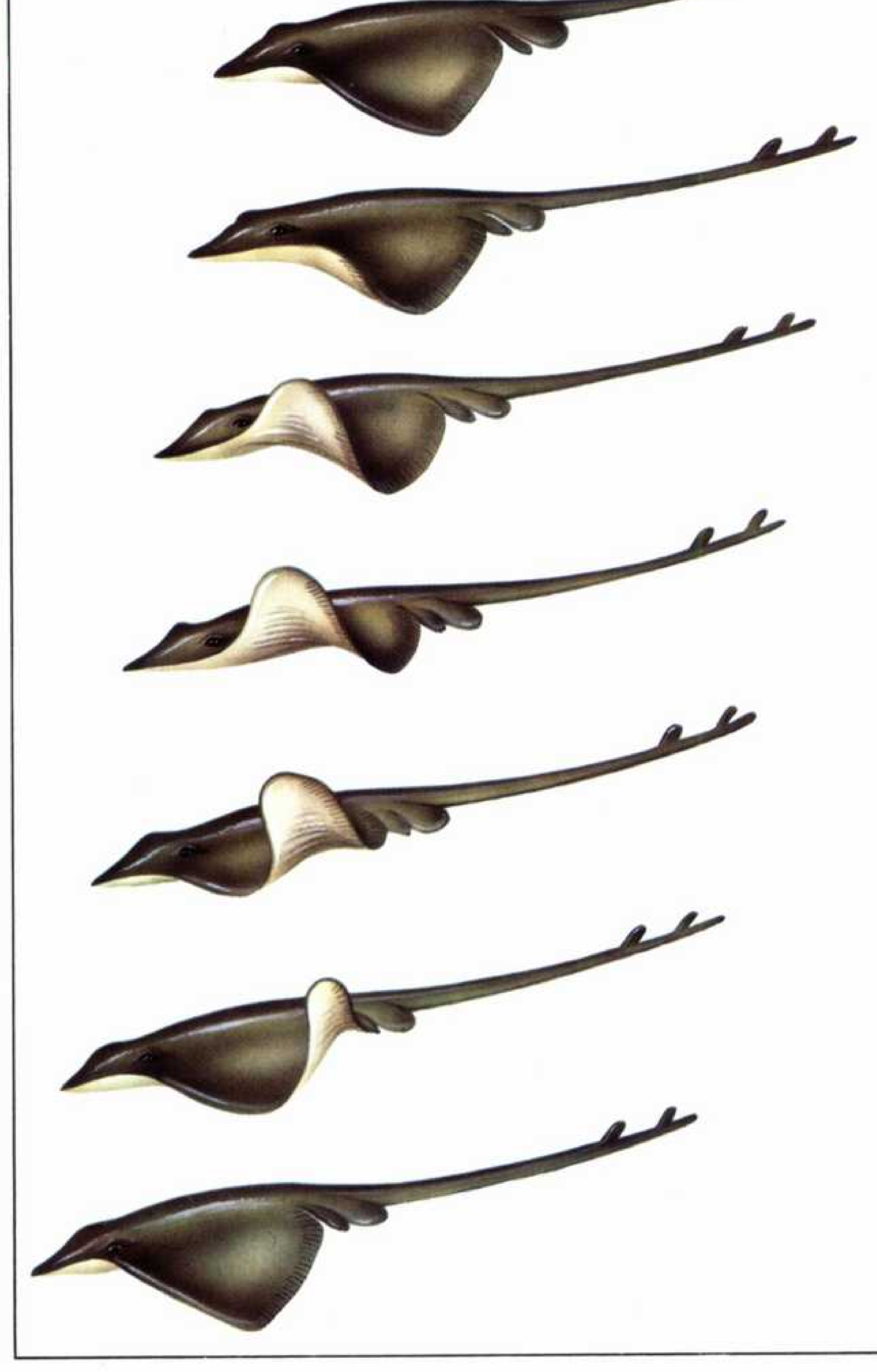
Esto les sirve igualmente en sus movimientos. Se ha calculado que el tiempo de contracción de los músculos de los animales de esta clase es del orden de 0,068 segundos: una cifra comparable a la de los músculos de los mamíferos. En las conchas de peregrino, que están lejos de disponer de los órganos de los sentidos de los cefalópodos (y que reaccionan, pues, con mucha menor rapidez a los estímulos), los músculos aductores están compuestos por dos tipos de fibras: las fibras estriadas responden muy rápidamente (su tiempo de contracción es de 0,046 segundos), pero las fibras lisas son mucho más lentas: 2,28 segundos.

La propulsión a reacción representa una especie de perfección en su género. Pero requiere desplegar mucha energía. Cuando se persigue a un calamar o a un pulpo en plena agua, se advierte que se fatiga rápidamente. Los primeros saltos son enérgicos. Pero cuanto más se incita al animal a que los repita, menos eficaces son. Al cabo de un corto tiempo, el molusco está agotado.

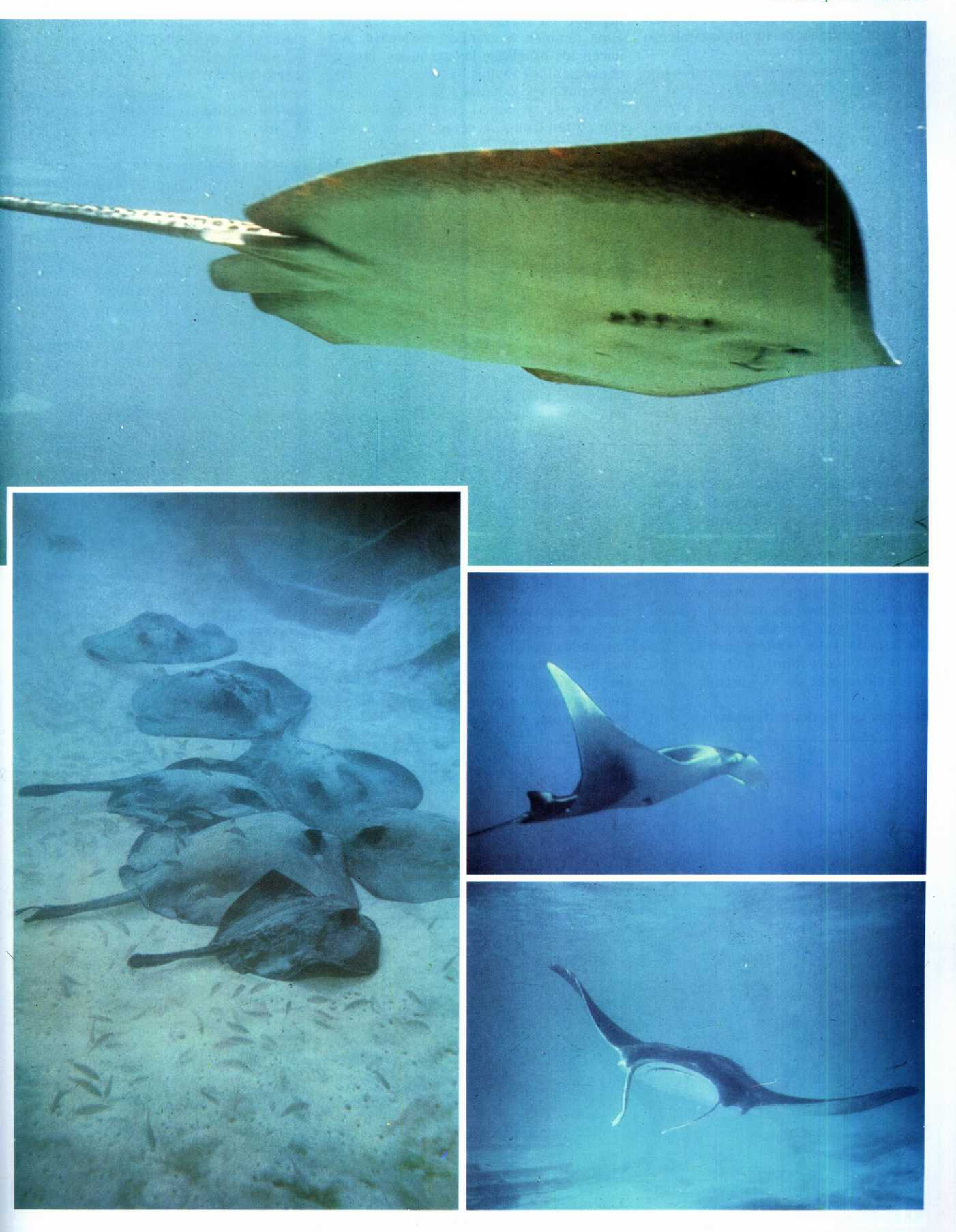
Cuando aparecieron los vertebrados en los mares, aprovecharon su esqueleto interno para reinventar el movimiento ondulatorio, cosa que los peces llevaron, por así decir, a su máxima perfección. La evolución les permitió bien pronto encontrar las mejores formas susceptibles de mejorar sus rendimientos. Los tiburones se encuentran entre los primeros en adquirir esta fluidez en la natación que todavía hoy suscita nuestra admiración. Atunes, peces vela, marlines, espadartes, representan, ellos también, una especie de cima en esta evolución: el atún, que supera a menudo la media tonelada de peso, posee más de 350 kilogramos de músculos... En el lado opuesto a estas soberbias máquinas hechas para hendir el agua, existen centenares de especies de peces que apenas nadan, o que lo hacen mal; y que han preferido buscar en otros dominios que en el de la velocidad la garantía de preservar su vida y encontrar su alimento. Así, los hipocampos (o caballitos de mar), los peces trompeta, las molas (o peces luna), los peces cofre, los rascacios, etc., hechizan las aguas con sus estrambóticas formas.

La natación de los vertebrados

Los peces cartilaginosos, sobre todo los tiburones, incluyen especies admirablemente adaptadas a la natación. Algunas incluso están condenadas a nadar sin cesar, para abastecer a sus branquias de agua nueva oxigenada: sus órganos respiratorios son incapaces de filtrar el gas vital suficiente para alimentar sus tejidos si descansan. Entre las especies obligadas de esta manera a errar perpetuamente se cuentan los tiburones blancos, las tintoreras, los peces martillo, etc. Otros escualos, sin embargo, que hasta ahora se creía igualmente condenados a nadar sin descanso, como los tiburones nodriza, se detienen a veces y duermen en cavernas (como el equipo del *Calypso* ha demostrado en aguas de Yucatán). Entre los peces cartilaginosos se encuentran en realidad todo tipo de animales, dotados muy diferentemente para la natación. La mayoría de los tiburones nadan bien, ondulando lateralmente el cuerpo, pero algunos son sedentarios y viven perezosamente sobre el fondo (tiburón alfombra, tiburón de la arena). Entre las rayas, las únicas especies excelentes nadadoras son las mantas y las únicas también que tienen costumbres de vida pelágica. Las otras son bentónicas; nadan mal, a pesar de las auténticas «alas» de que las dotó la evolución. Se mantienen en las inmediaciones del fondo, a veces incluso totalmente escondidas en el substrato, de donde no despegan sino para



La natación de las rayas. *Las rayas nadan exactamente como vuelan los pájaros. El dibujo de al lado, a la izquierda, muestra claramente la forma en que se descompone cada batir de aletas, y cómo se transmite la onda de adelante hacia atrás. La mayoría de las rayas son animales bentónicos: viven a poca distancia del fondo, y con mucha frecuencia se entierran en el substrato para ocultarse mejor a los ojos de sus enemigos o de sus presas. Así hacen las especies pequeñas, como la representada al lado, a la derecha, y que el fotógrafo ha sorprendido en pleno rapto amoroso, que ha reunido a varios animales encelados. Las grandes rayas, como la de la página siguiente, arriba, o como las mantas (en la foto de encima y de la página siguiente, las dos fotografías de la derecha), son pelágicas y nadan, lógicamente, muy bien.*



breves vuelos de planeo, antes de descansar a poca distancia de su emplazamiento original.

Los peces óseos están representados por el superorden de los teleósteos. En las filas de estos últimos, la naturaleza parece haberlo inventado todo, desde la natación potente y fluida del atún, del salmón o del marlín, hasta la «marcha-reptación» del perioftalmo sobre las ramas de los mangles.

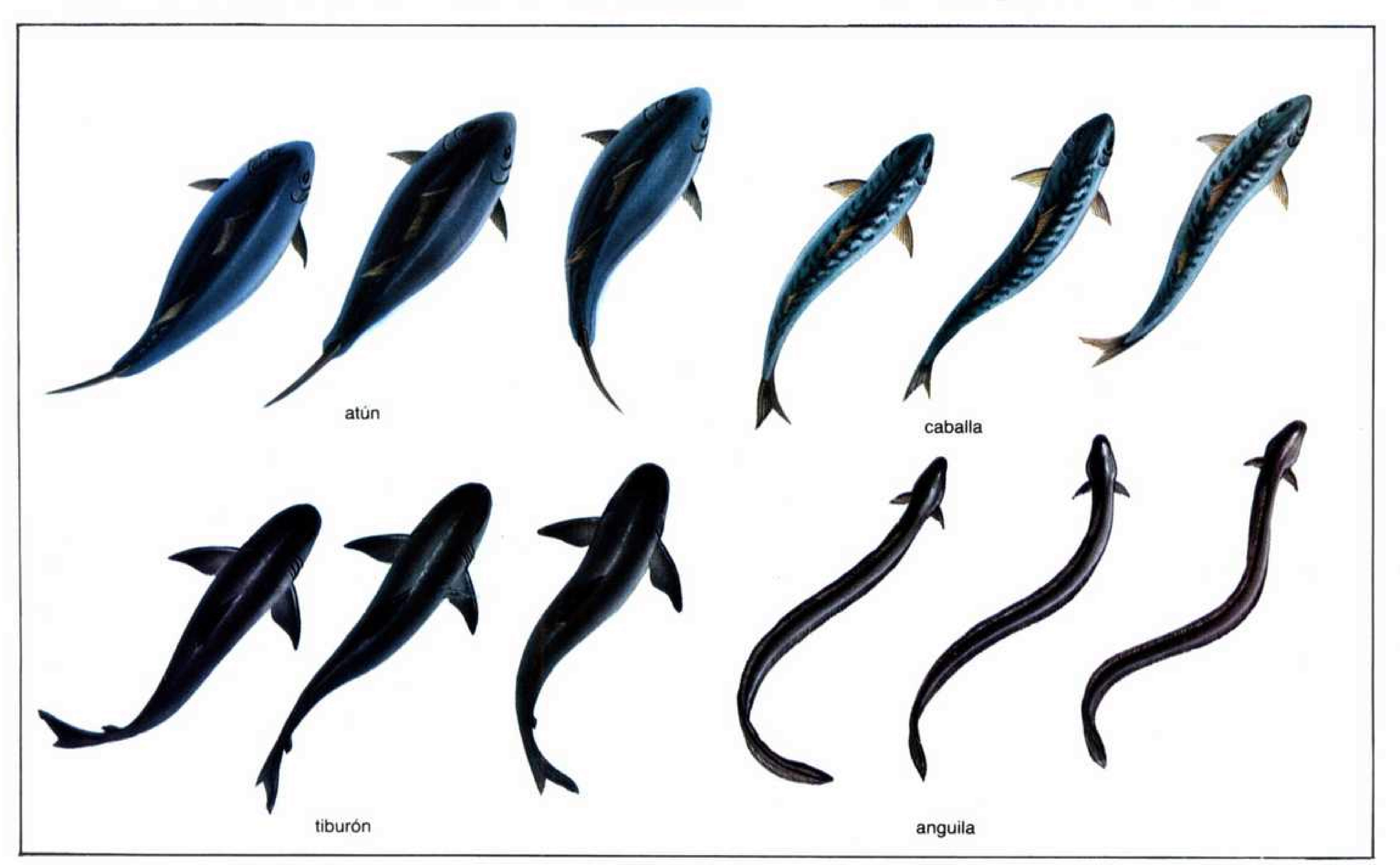
Los más eficaces nadadores, como los atunes, alcanzan fácilmente los 90 kilómetros por hora, y algunas especies superan quizá los 100 kilómetros por hora en distancias cortas. La musculatura excepcional de estos animales, su perfecto perfil hidrodinámico, el funcionamiento de su parte posterior (cola comprimida) que bate el agua a la manera de una hélice: todo contribuye a hacer de ellos unos verdaderos campeones de la velocidad. Pero estos peces son igualmente muy resistentes: migran durante cientos y cientos de millas, con un avance muy sostenido. Su resistencia se debe en parte a que no son, como los demás peces, animales de temperatura variable (de «sangre fría»). Su temperatura interna está siempre más elevada en algunos grados que la del agua ambiente, y esta tasa excepcional del metabolismo les permite sostener las distancias. Entre los grandes corredores del océano se distinguen los marlines (género *Makaira),* al igual que los peces vela, los peces espada y los *wahoos* del Pacífico (género *Acanthocybium),* cronometrados con acierto a más de 65 kilómetros por hora.

Los peces de mediano tamaño viajan a menudo en cerrados bancos, y emigran ellos también a grandes distancias. Así hacen los bacalaos, los arenques, las anchovetas, las caballas, las lisas, etc. Estos animales no sólo nadan bien, sino que, en el seno de su banco en movimiento, se comportan como las células de un mismo organismo: suben, bajan, cambian de dirección, se detienen y vuelven a emprender la marcha como un conjunto perfecto, como si obedecieran a las señales de algún misterioso «jefe de fila». En realidad, cuentan sobre todo con las sensaciones de su línea lateral (su sentido de la presión, o sentido de tacto a distancia) para evolucionar. La velocidad de migración de los grandes bancos de sardinas o de arenques es mucho menor que la de los atunes o espadartes: apenas supera los dos o tres kilómetros por hora. Lo cual no quiere decir que estos animales, individualmente, no puedan dar muestras de una mayor celeridad. Pero es tal su instinto gregario que, en su banco, apenas huyen cuando un depredador los ataca. Todos permanecen unidos, y sus posibilidades de supervivencia son entonces meramente estadísticas.


En los teleósteos, las modalidades de locomoción son muy variables, como hemos dicho. ¡Y tanto! El desplazamiento serpentiforme de la anguila o del congrio (auténtica reptación por el agua) es lo opuesto del rígido que caracteriza al pez cofre, el rascacio o el pez erizo. Platijas, lenguados, rodaballos y demás peces planos nadan por encima del fondo ondulando el cuerpo en el plano horizontal, mientras que los peces muy comprimidos lateralmente, como el pez mariposa, el pez cirujano o el pez ángel, ondulan en el plano vertical. El perioftalmo, por su parte, nada con relativa lentitud en el elemento líquido; pero puede salir de él, utilizando sus aletas pectorales como «patas», e incluso trepar a las raíces aéreas de los mangles —en cuyo ambiente vive— y saltar.

La forma de desplazarse del pez volador, o exoceto, merece una cierta atención. Este género de animales posee aletas pectorales sumamente alargadas, muy finas y susceptibles de desplegarse como abanicos. Estos órganos les permiten, después de tomar impulso, salir del elemento líquido y planear durante 100 ó 150 metros por encima de las olas. Los peces voladores utilizan este subterfugio para escapar de sus enemigos naturales, los corifenos, los atunes y los delfines. Sólo que no siempre les sale bien la estratagema: a veces, los exocetos caen en la boca de los depredadores que les perseguían...

A menudo se comete el error de creer que las aletas de los peces constituyen el elemento esencial de su sistema de propulsión. En realidad, estos órganos de poco sirven para la creación del movimiento en sí: éste es producido por las ondulaciones del conjunto del cuerpo, que se apoya en el agua alternativamente de un lado y del otro. Las aletas no juegan sino una función de apoyo en este campo. En contrapartida, permiten a los animales estabilizarse, cambiar rápidamente de dirección, frenar, etc. Cuando están muy modificadas, como las pectorales de los exocetos o de los perioftalmos, participan de forma muy original en el éxito evolutivo de la especie.



Algunos estilos de natación en los peces. *Los atunes, musculosos, nadan muy rápido, y son más resistentes que los tiburones, pues tienen una superior tasa de metabolismo: su temperatura interna está siempre más elevada en algunos grados que la temperatura del agua ambiente. La natación de la caballa, pez de mediano tamaño, es mucho menos eficaz, acercándose un poco a la progresión serpentiforme de la anguila. Esta, por su parte, es mucho menos rápida que las grandes especies pelágicas. Pero no hay que olvidar que, a pesar de todo, la anguila es capaz de franquear los océanos en el curso de sus migraciones.*



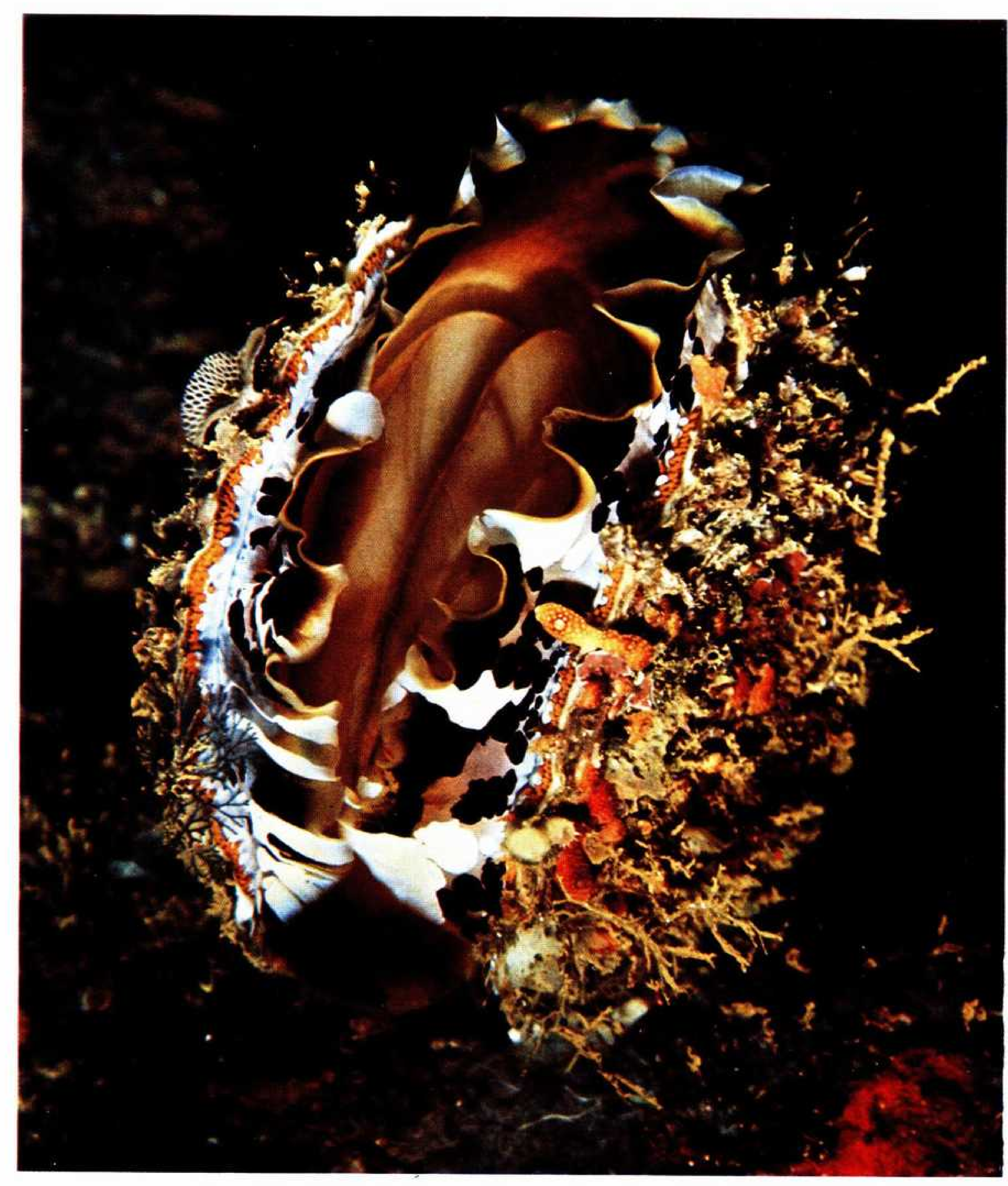
El universo de las conchas

El porqué de las conchas

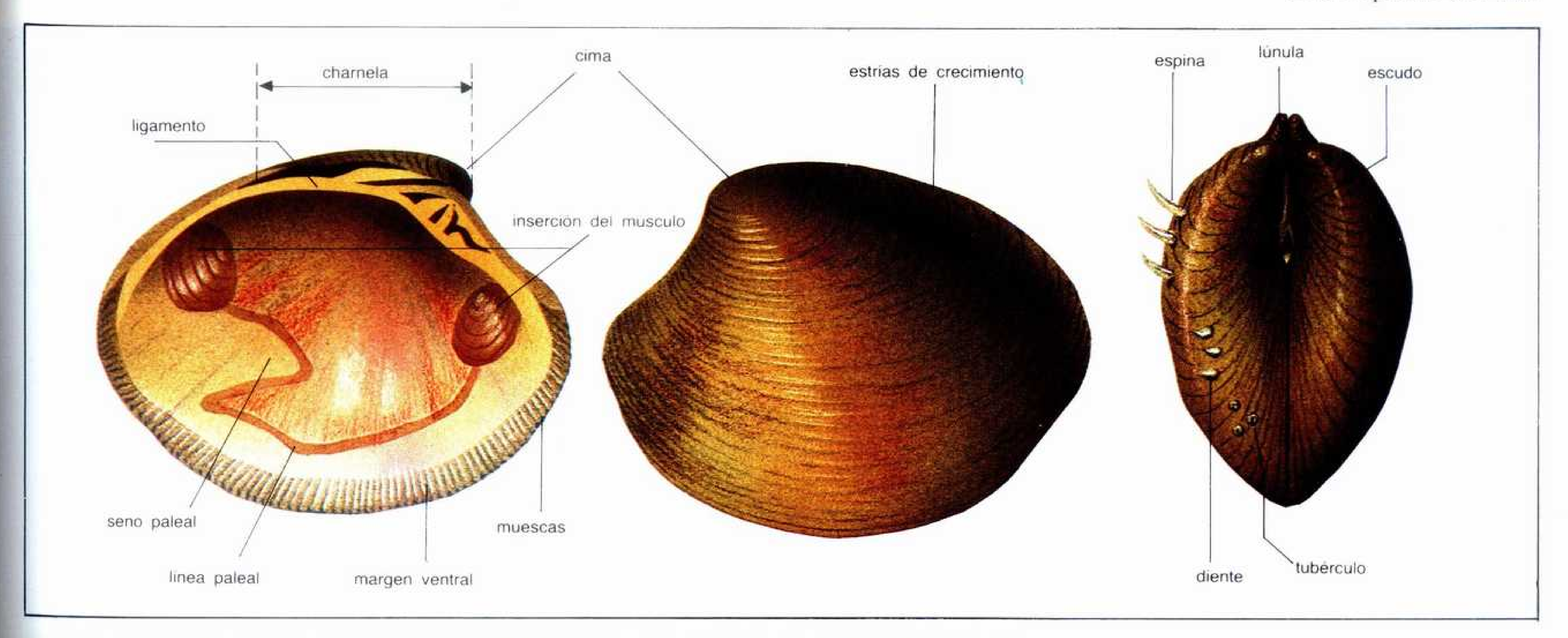
El mundo de las conchas es uno de los más hermosos y sorprendentes que nuestro planeta nos invita a descubrir. Por lo demás, ¿no han sido las conchas las que han servido para edificar algunas montañas, para formar buena parte de nuestras rocas sedimentarias, para constituir porciones de nuestros continentes?

Bueno es recordar que la concha es un órgano mecánico segregado por el animal, con el fin, a un tiempo, de protegerle y de sostenerle. Es un esqueleto y más en concreto un esqueleto externo. Los huesos que constituyen nuestro esqueleto, como el de los demás vertebrados, son producidos por nuestro mesodermo embrionario; y constituyen un endoesqueleto. Ciertos vertebrados —como las tortugas— poseen además un exoesqueleto, en forma de un caparazón segregado por las células de la dermis (se habla, así, de dermoesqueleto).

Exoesqueletos y endoesqueletos existen en los invertebrados. Por ejemplo, las espículas calcáreas o córneas incluidas en las esponjas son endoesqueletos rudimentarios, y puede decirse que el pólipo calcáreo de los corales es también el endoesqueleto de una colonia de animales. Los poseedores más numerosos de exoesqueleto son, con mucho, los artrópodos. En éstos, el caparazón rígido (a veces reforzado con inclusiones calcáreas, como en los crustáceos superiores) está compuesto esencialmente por quitina. De él están dotados los crustáceos, los merostomáceos (límulas), los picnogónidos, los miriápodos (ciempiés), los arácnidos (arañas y escorpiones) y los insectos.



POLIPLACOFOROS	ESCAFOPODOS	CEFALOPODOS TETRABRANQUIOS	CEFALOPODOS DIBRANQUIOS	BIVALVOS	GASTEROPODOS
concha compuesta por ocho placas dorsales	concha formada por una sola pieza cilíndrica, semejante a un colmillo de elefantes	concha enrollada en espiral regular	sin concha externa visible	concha con dos valvas juntas por una charnela	concha helicoidal de una sola pieza, cónica o en espiral; a veces falta
animales adheridos a las rocas litorales o abisales; herbívoros o detritívoros	animales bentónicos que viven a menudo escondidos en el substrato; desde la superficie a los abismos; se nutren de detritos y de microorganismos	animales que viven sólo en el océano Indico y en el Pacífico, entre 50 y 700 metros de profundidad; régimen carnívoro	animales difundidos en todos los mares del mundo y en todos los estratos del océano; carnívoros	animales difundidos en todos los mares del mundo y en todos los estratos del océano; comen microorganismos y detritos	animales marinos, de agua dulce o terrestres; según las especies, son herbívoros, carnívoros o detritívoros
unas 600 especies conocidas	unas 350 especies conocidas	pocas especies	más de 600 especies conocidas	unas 20.000 especies conocidas	unas 100.000 especies conocidas, de las cuales 80.000 son marinas



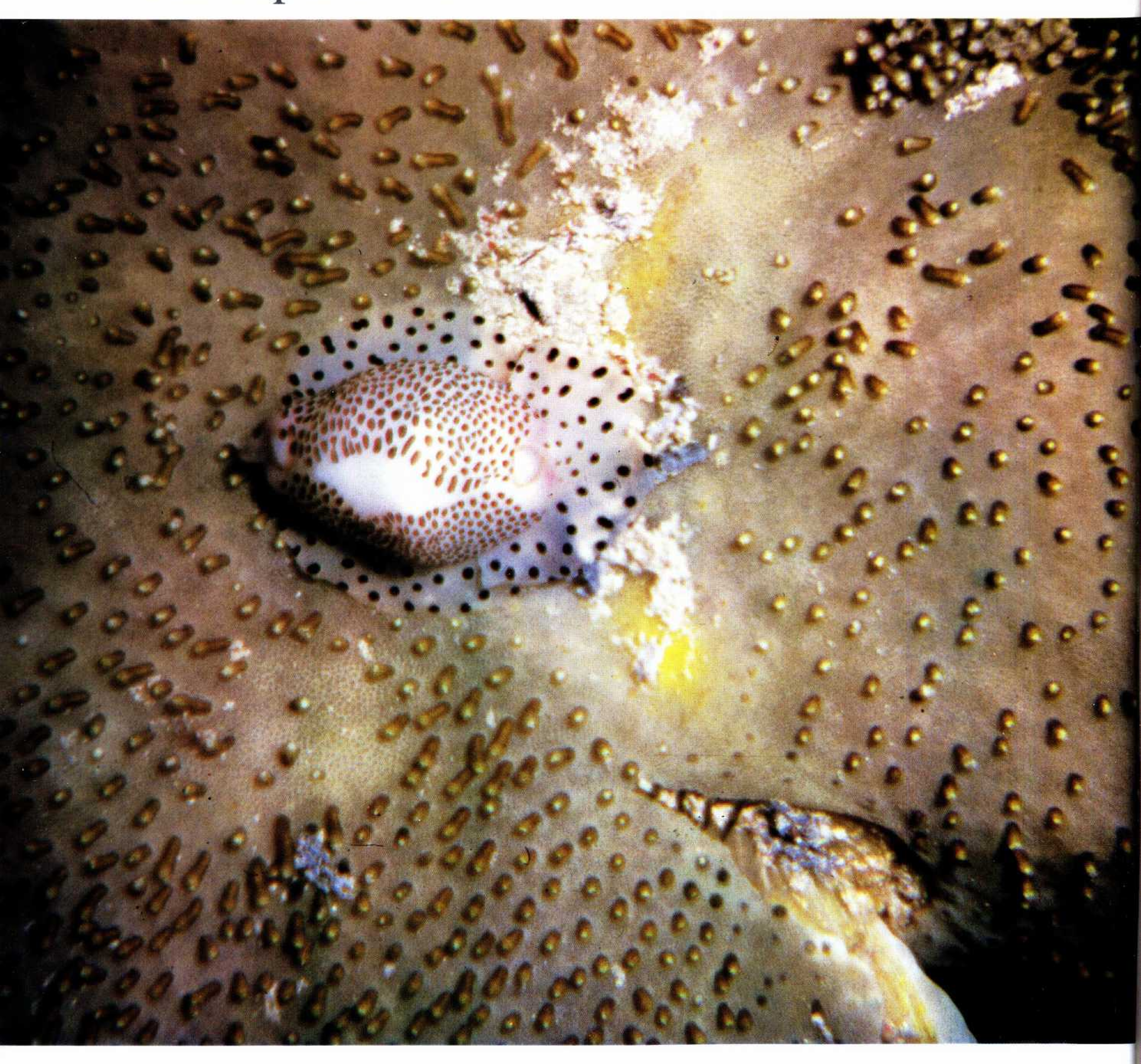




Las conchas son producidas esencialmente por los animales de la rama de los moluscos. Pero también otros grupos zoológicos cuentan con caparazón: los braquiópodos, ciertos crustáceos (ostrácodos, concostráceos y cirrípedos) y ciertos anélidos poliquetos.
Las conchas animales difieren enormemente entre sí, ante todo por sus dimensiones. Parece que no hay nada en común, por ejemplo, entre las dos gigantescas valvas de una tridacna, que pasan de los dos metros de longitud y pesan más de 200 kilogramos, y las valvas casi microscópicas de ciertos lamelibranquios de la infauna bentónica.
También las formas varían considerablemente: muchas conchas son espiroides, y muchas otras están organizadas en dos valvas. Pero también las hay alargadas, gruesas, redondas, etc. Algunas se parecen a orejas, otras a lenguas, a navajas, etcétera.

El phylum de los moluscos. *El cuadro de la página anterior indica las principales características de las cinco principales clases de los moluscos: poliplacóforos (quitones), escafópodos, cefalópodos (divididos aquí en tetrabranquios y dibranquios), bivalvos y gasterópodos. No figuran otras dos clases, la de los aplacóforos y la de los monoplacóforos (sólo representada por el fósil viviente* Neopilina*). Los bivalvos, o lamelibranquios, son extraordinariamente numerosos y están difundidos en todos los mares, y en buena parte en agua dulce. Se caracterizan por su concha en dos partes, pero también por lo reducido de su región cefálica (por esta razón se les llama a veces acéfalos), y por su régimen alimentario, constituido por detritos y partículas orgánicas o planctónicas retenidas por filtración. En la página anterior, arriba:* Spondylus. *En esta página, arriba: tres esquemas de la concha típica de los bivalvos. En el centro:* Venus verrucosa. *Abajo:* Glycimeris violacescens.

Varias capas de cal

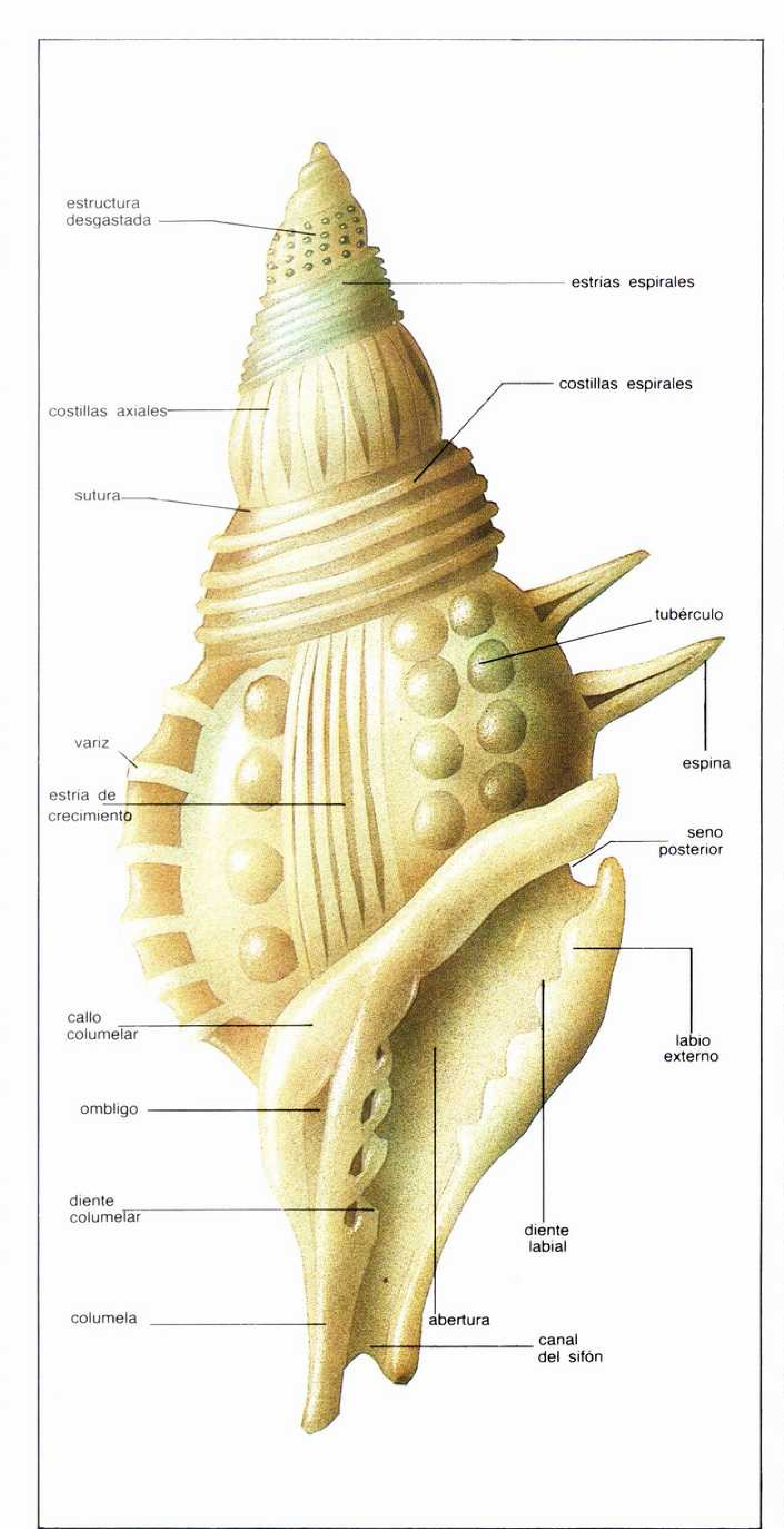


Los hombres se han interesado desde temprano por las conchas. Estas sirvieron regularmente como moneda entre los pueblos primitivos, desde la época de Cro-Magnon hasta tiempos no tan lejanos. Todavía las utilizaban como tales en ciertas islas del Pacífico a la llegada de los blancos, en los siglos XVII y XVIII.

Los científicos no tienen evidentemente el mismo interés que las tribus insulares cuando estudian las conchas. Los moluscos que son —como hemos dicho más veces— los principales productores de conchas, constituyen también el segundo *phylum* animal, en cuanto al número de especies, después de los artrópodos. Se caracterizan por su cuerpo blando (de aquí su nombre), por su pie y por el manto que rodea a sus órganos internos. Es este manto el que, exteriormente, segrega la concha. Los órganos internos de estos animales se componen esencialmente de un sistema nervioso, de un sistema circulatorio y excretor, y de un sistema digestivo (que comporta típicamente una boca provista de una lengua rasposa llamada rádula, un estómago, un intestino y un hepato-páncreas). La mayoría de los moluscos respiran mediante branquias, salvo los pulmonados (caracol, babosa).

El manto comienza a segregar la concha desde el estadio embrionario. Es en ese momento cuando la pequeña glándula llamada conquiliógena emigra a la parte dorsal del animal, y aparece un primer casquete epidérmico grueso. Ya, observando esta estructura al microscopio, se pueden descubrir en ella tres capas superpuestas: al exterior, una película de con-

Los gasterópodos. Es la clase más numerosa y variada del phylum de los moluscos. Comprende más de 80.000 especies marinas. Estos animales se caracterizan por su concha univalva en espiral, su pie musculado, su boca provista de una rádula eficaz (lengua rasposa), y por sus tentáculos sensoriales cefálicos. Los gasterópodos se dividen en tres grandes órdenes. Los prosobranquios comprenden animales muy primitivos, como las orejas de mar y las lapas, pero también un gran número de conchas «modernas» (bocinas, cañadillas, conos, estrombos, tritones...). Los pulmonados agrupan formas de agua dulce (limneas; planorbis) y terrestres (babosas y caracoles). Los opistobranquios reúnen formas en las que la concha es muy reducida, como las aplisias (o liebres de mar), o incluso falta, como en los nudibranquios. El esquema de al lado, a la derecha, muestra cuáles son las partes constitutivas esenciales de la concha de los gasterópodos. En la página anterior: Calpurnus verrucosus. *En las fotografías de la derecha, de arriba abajo:* Natica millepunctata, Cassis ruffa *y pequeños gasterópodos en un fondo de hierbas litorales.*









quiolina, de consistencia córnea, y que forma la cutícula o periostraco; en medio, un estrato de láminas calcáreas prismáticas nucleadas en la conquiolina, y que constituye el ostraco; finalmente, en el interior, la capa laminar, o nácar, o hipostraco. A medida que va creciendo el animal, esta estructura se hace más evidente, y el manto segrega más activamente el esqueleto externo.

La capa laminar es producida por el conjunto del manto, mientras que sólo los bordes externos de este último, por medio de células glandulares especiales, segregan la capa mediana y la capa externa. Cuando la concha se deteriora, la reparación se hace enteramente de nácar. Es la misma materia que, al rodear una impureza deslizada entre el manto y la concha, da lugar a la perla.

La cal que compone las láminas prismáticas de la capa interior de la concha tiene origen alimentario. Es almacenada en ciertas células especializadas, sobre todo del hepato-páncreas, y luego pasa a la sangre, precipitándose en forma cristalina variable según las especies: se encuentra calcina y aragonito en los mejillones y los caracoles, aragonito en las bocinas, calcita pura en las lapas y las ostras.

El nácar de la capa interna de la concha debe sus particulares propiedades ópticas al hecho de que está constituido por finas laminillas de conquiolina impregnadas de cal; la luz que pasa a través de estos estratos translúcidos y que ahí es luego reflejada, da lugar a franjas de interferencias y a irisaciones del más bello efecto.

Las formas y los colores

El *phylum* de los moluscos se divide en siete clases de importancia muy desigual: aplacóforos, poliplacóforos (quitones), monoplacóforos (representados por el único fósil viviente *Neopilina galatheae)*, lamelibranquios (o bivalvos), gasterópodos (a veces llamados univalvos), escafópodos y cefalópodos. En casi todos se encuentran conchas. Algunos, sin embargo, las han perdido al evolucionar, especialmente en el grupo de los gasterópodos pulmonados (babosas terrestres), en el de los gasterópodos opistobranquios (nudibranquios) y en el de los cefalópodos (pulpos).

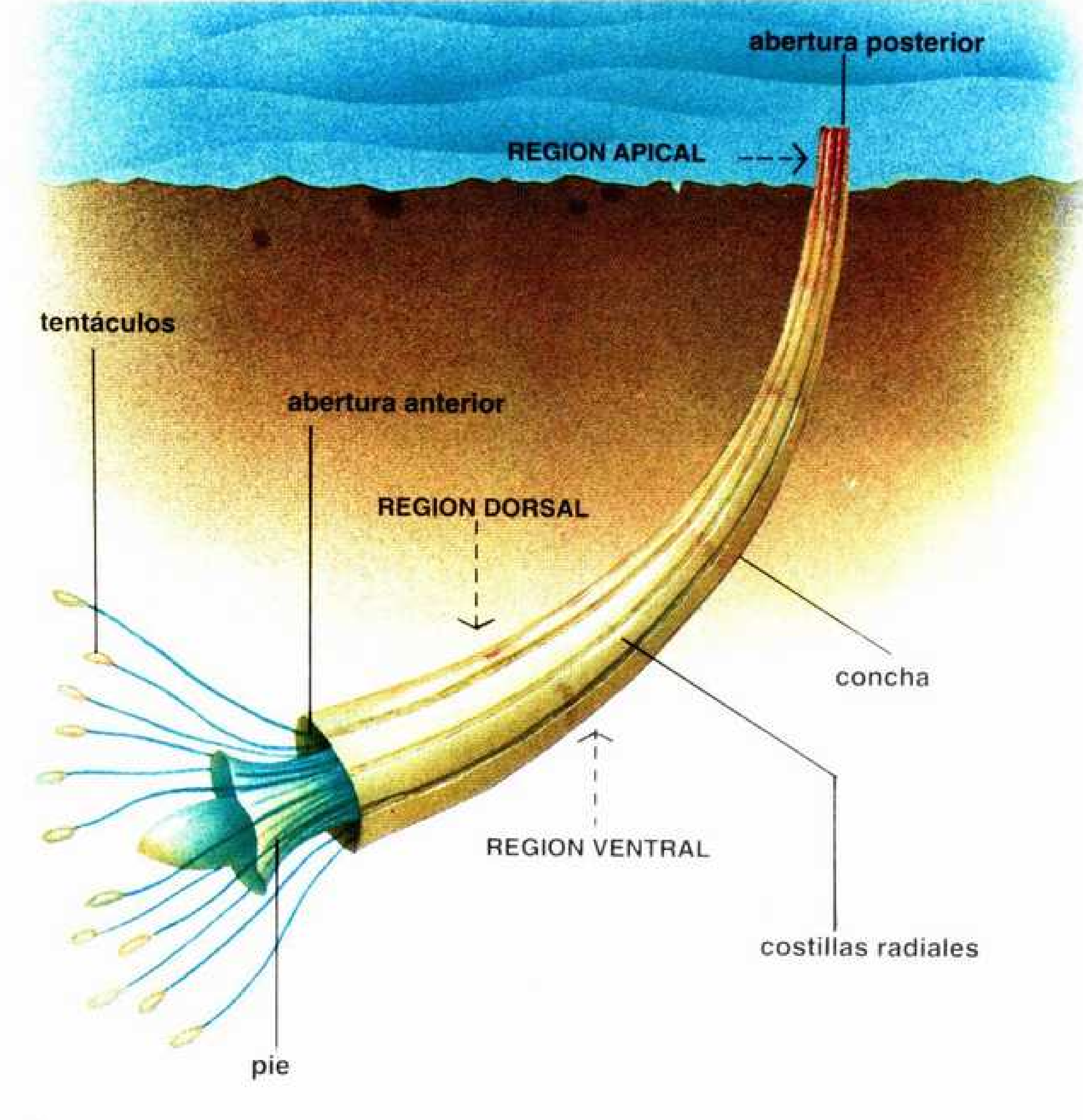
Las conchas más hermosas son indiscutiblemente las de los gasterópodos. Los más primitivos tenían un alojamiento simétrico: formaban el grupo de los isopleuros («de flancos iguales»), hoy totalmente desaparecidos, y que contaba especialmente en sus filas con los belerófonos. En los gasterópodos actuales, la concha está enrollada en espiral y es disimétrica (espiral a la izquierda o espiral a la derecha): se dice que se trata de especies anisopleuras («de flancos desiguales»).

Los gasterópodos más parecidos a los isopleuros primitivos son los prosobranquios diotacardios (como las fisurelas y las orejas de mar) y los prosobranquios heterocardios (como las lapas). En los prosobranquios monotocardios, la concha adopta aspectos a veces sumamente complicados, retorcidos, con expansiones, partes estrechas, espinas, tubérculos, protuberancias, pequeñas asperidades alineadas, etc. Se clasifican en esta categoría a animales como las litorinas (o bígaros), las ceritas, los estrombos (a veces enormes en los mares tropicales), las porcelanas *(Cypraea)* de magníficos colores pardos, rojos y violetas, las jantinas (que flotan sobre un substrato de baba y burbujas de aire), las bocinas, las cañadillas (de concha espinosa, y que proporcionaban la púrpura de los antiguos), los conos (cuya glándula esofágica segrega un veneno muy tóxico), etc.

Los pulmonados, adaptados a la vida terrestre (y que secundariamente colonizaron las aguas dulces), respiran por un pulmón, y no mediante branquias. Su tipo es el caracol (como el de los viñedos), abarcando también a las babosas, etc. Finalmente, los gasterópodos opistobranquios agrupan a animales con concha muy reducida (como las aplisias) o totalmente ausente (como los nudibranquios): pero no hace mucho (en 1960) se descubrió, en Japón y en Australia, opistobranquios extraordinarios, dotados de una concha de dos valvas poco calcificadas y casi translúcidas.

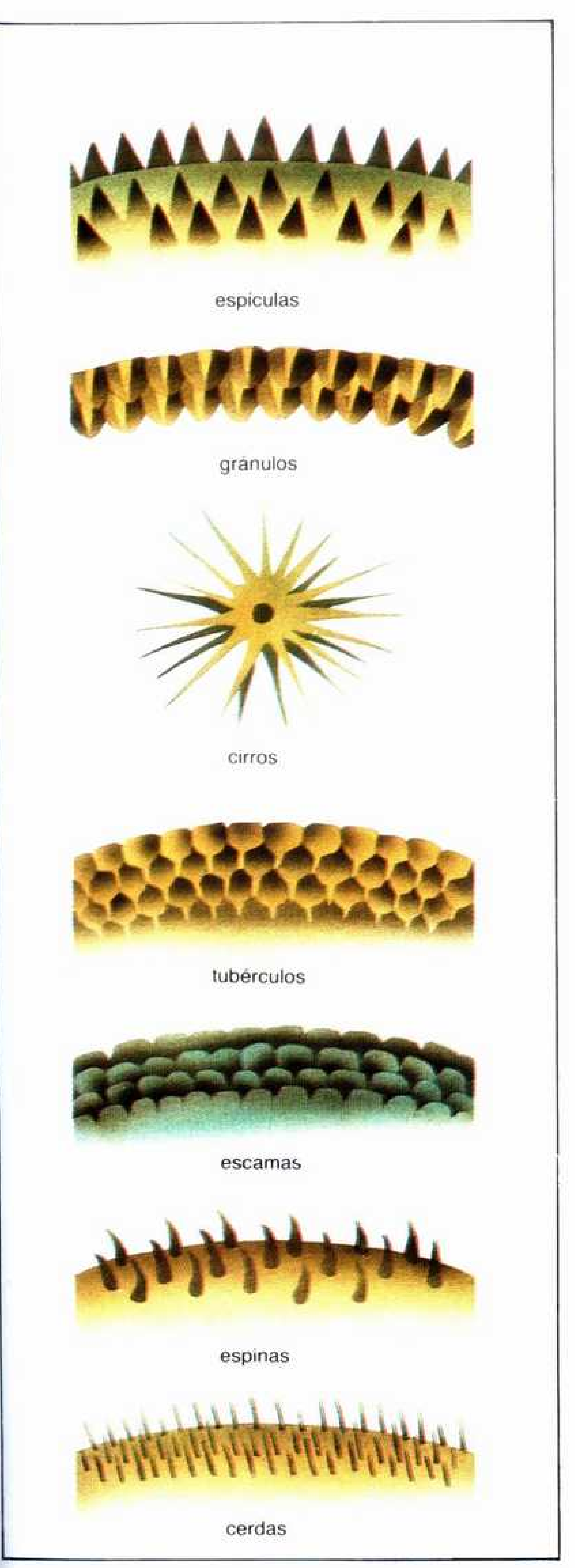
Las más bellas conchas son las que tienen las formas más extrañas, los colores más vivos y más armoniosos. Los peculiares contornos, los sorprendentes tubérculos, espinas, expansiones, etc., se explican por irregularidades en la secreción del manto. En cuanto a los colores, responden a dos fenómenos muy distintos: algunos se deben a coloraciones químicas: éstas son imputables a pigmentos (generalmente rojos, ocres, pardos o amarillos), que segregan ciertas glándulas llamadas cromógenas, situadas en la periferia del manto; los pigmentos glandulares son esencialmente de cuatro tipos: caroténi-

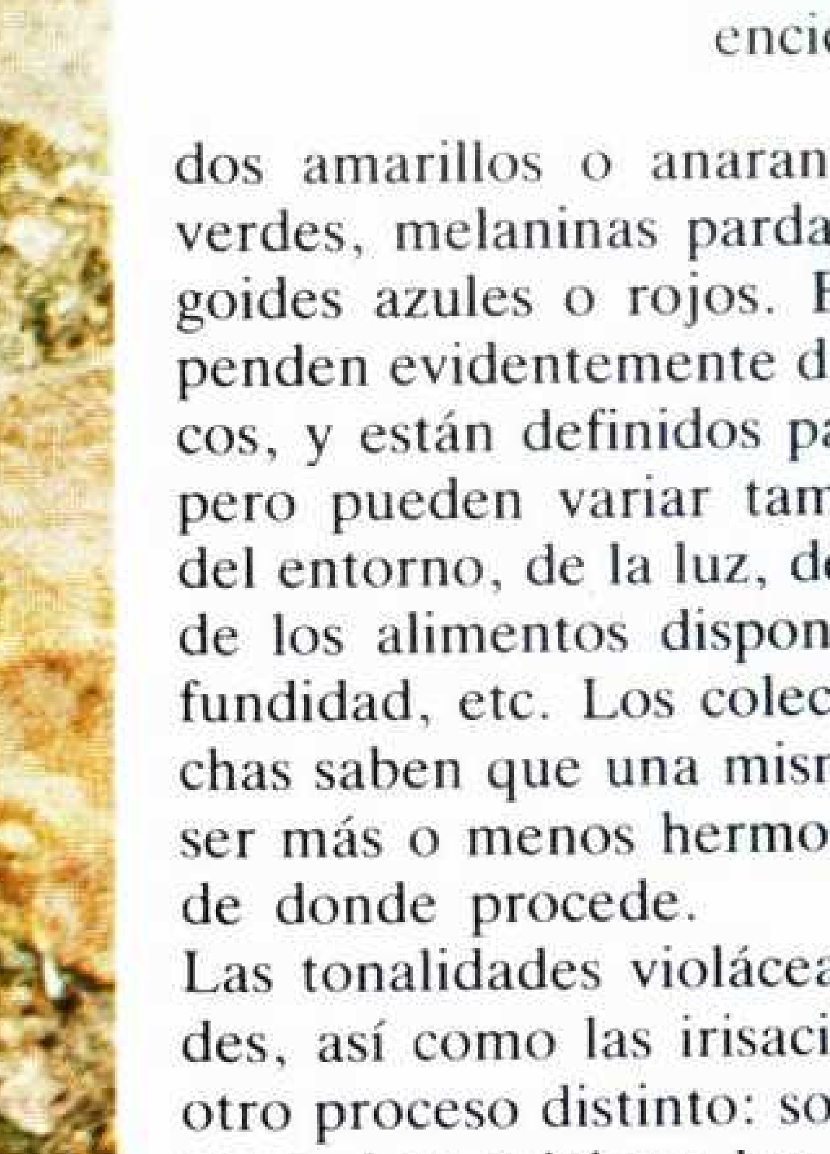




Los escafópodos y los poliplacóforos. *Los escafópodos, que están representados por los* Dentalium, *constituyen una pequeña clase bastante evolucionada (fotografía de esta página, arriba, y dibujo de abajo). Tienen una concha típica en forma de colmillo de elefante. Los poliplacóforos, cuyos representantes actuales son los quitones, poseen una concha formada por ocho placas calcáreas ensambladas. En la página siguiente, arriba, a la izquierda: las expansiones del manto. Arriba, a la derecha (las dos fotografías):* Chiton olivaceo. *Abajo: morfología de un quitón.*

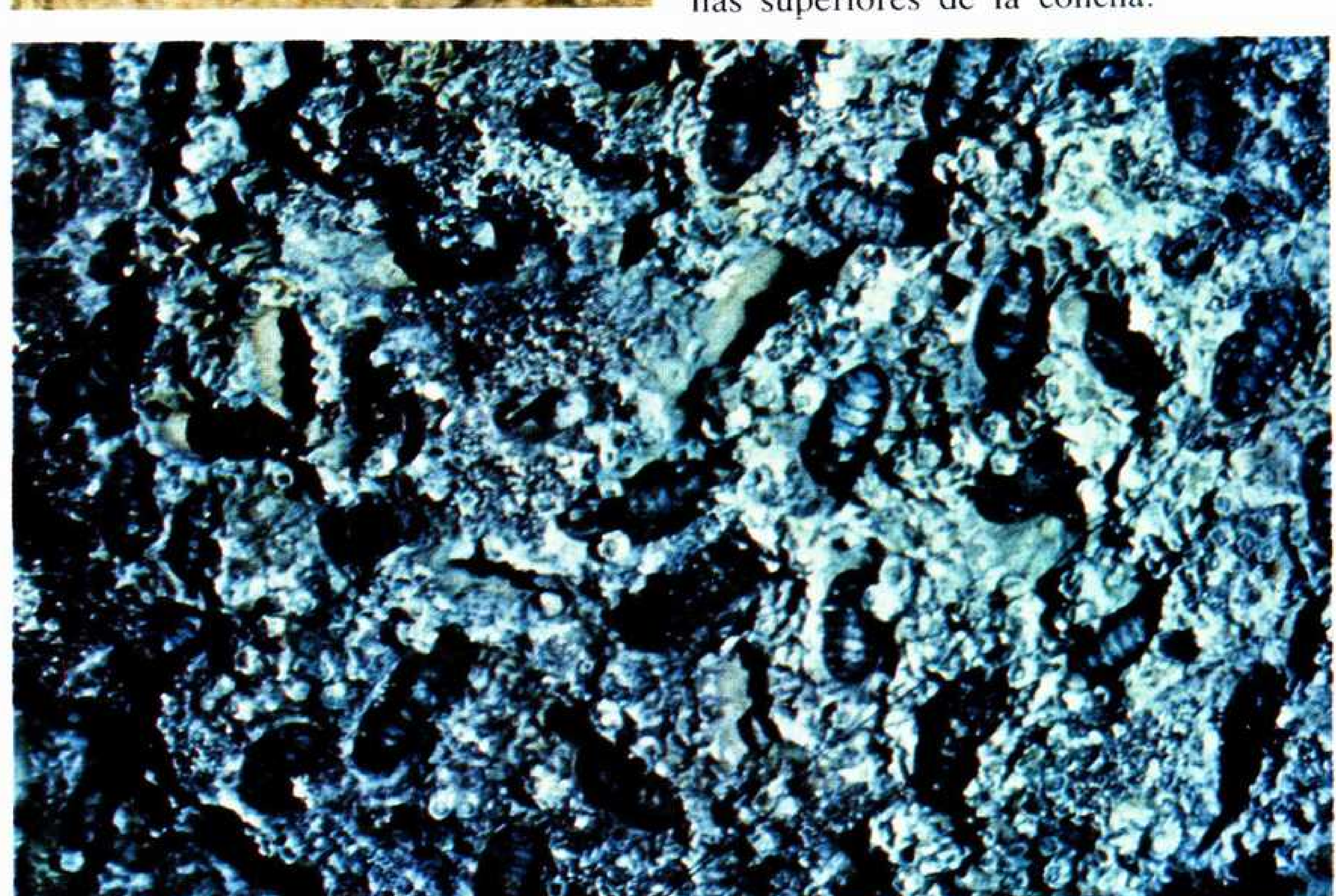


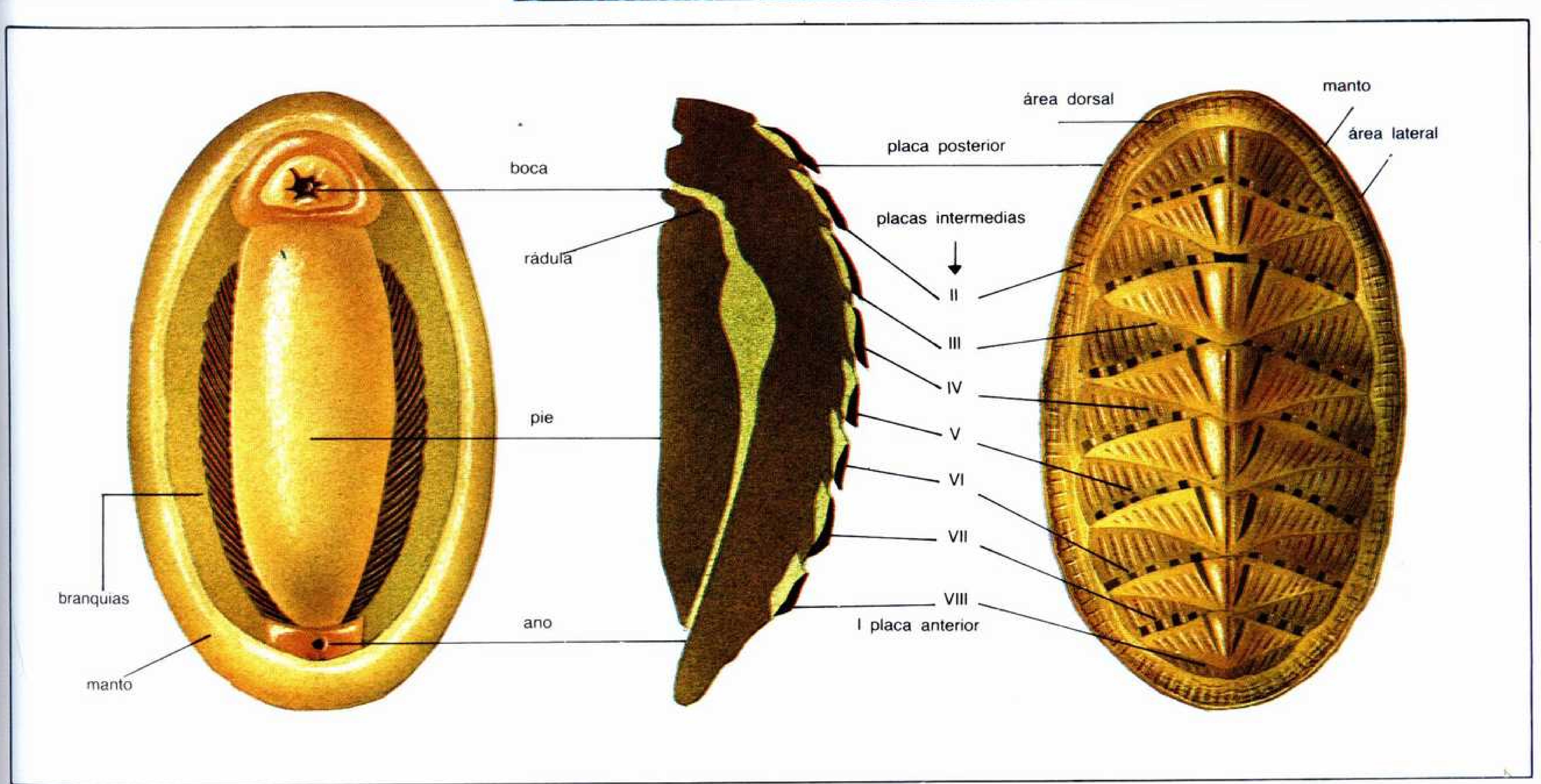



dos amarillos o anaranjados, porfirinas verdes, melaninas pardas o negras, indigoides azules o rojos. Estos colores dependen evidentemente de factores genéticos, y están definidos para cada especie; pero pueden variar también en función del entorno, de la luz, de la temperatura, de los alimentos disponibles, de la profundidad, etc. Los coleccionistas de conchas saben que una misma especie puede ser más o menos hermosa según el lugar de donde procede.

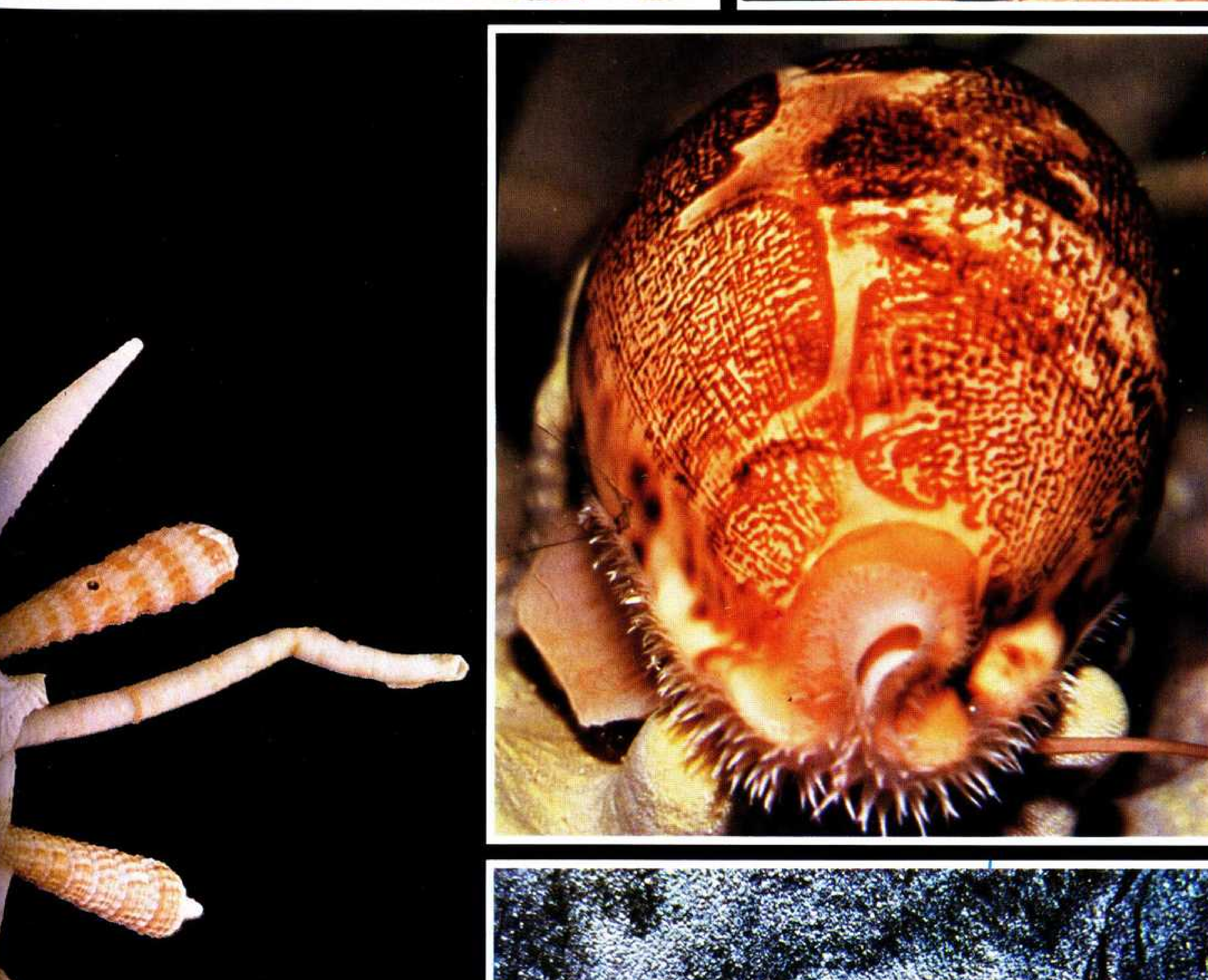
Las tonalidades violáceas, azuladas, verdes, así como las irisaciones, se deben a otro proceso distinto: son coloraciones físicas. Las originan las reflexiones o refracciones sucesivas de la luz en las láminas superiores de la concha.












Las maravillas del mar. *Como todos los moluscos, los gasterópodos están protegidos por una concha, que segrega su manto. En ellos, esta protección natural adopta a veces formas y tonalidades espléndidas. Espinas, protuberancias, nerviaciones, laberintos y los diversos motivos que adornan su alojamiento se deben a puntos de calificación de actividad diferente en la superficie de su manto. Los colores tienen dos orígenes: algunos proceden de pigmentos segregados por las glándulas del manto: son los colores químicos. Otros se deben a la disposición de las láminas de carbonato de calcio y de nácar, donde juega la luz creando interferencias e irisaciones: son los colores llamados físicos. Los matices de estos dos tipos de coloraciones pueden variar en función de la temperatura del agua en la que vive el molusco, de su salinidad o del régimen alimentario del animal. La belleza de las conchas hizo que numerosas poblaciones primitivas las utilizaran como monedas.*

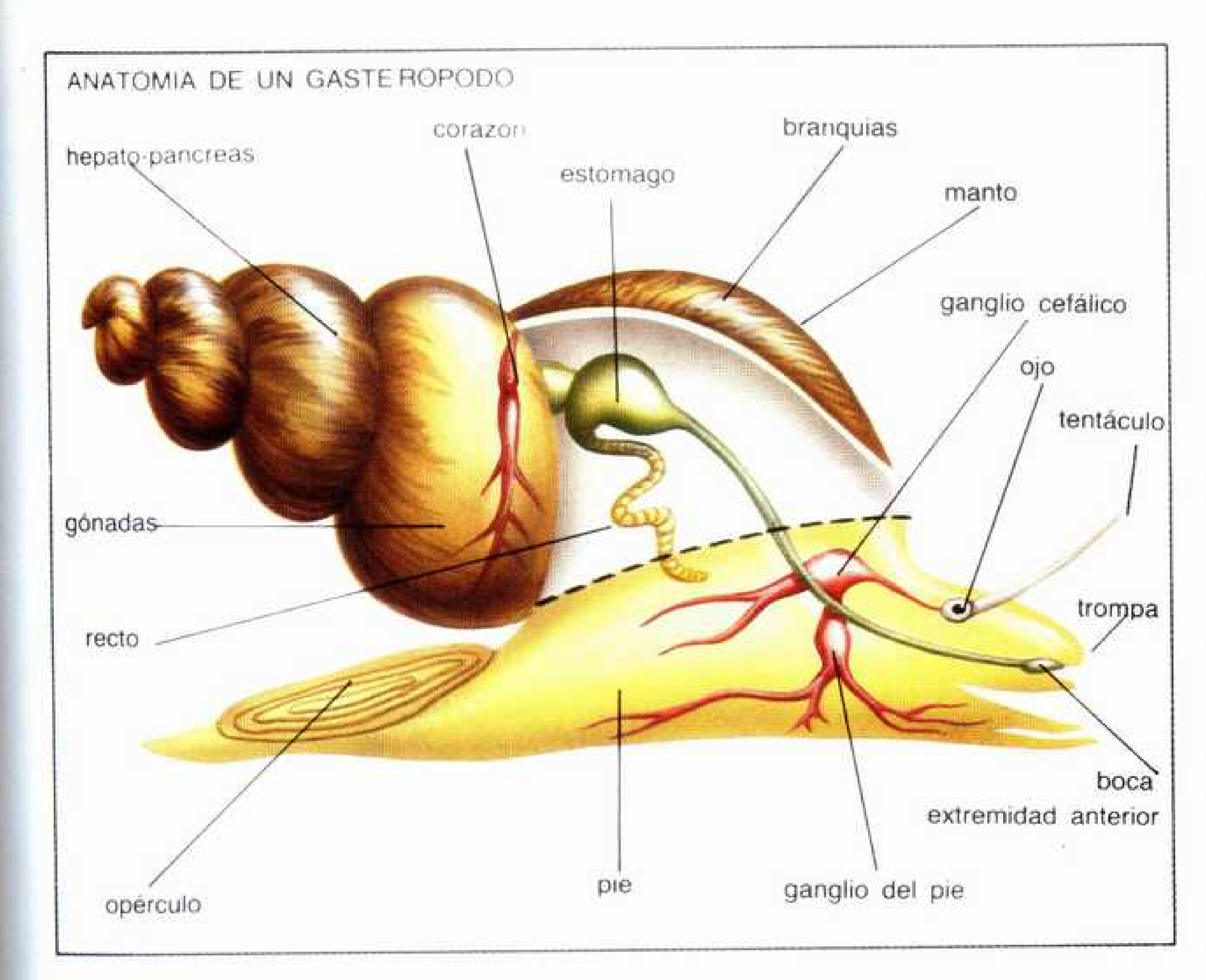
Una variedad infinita

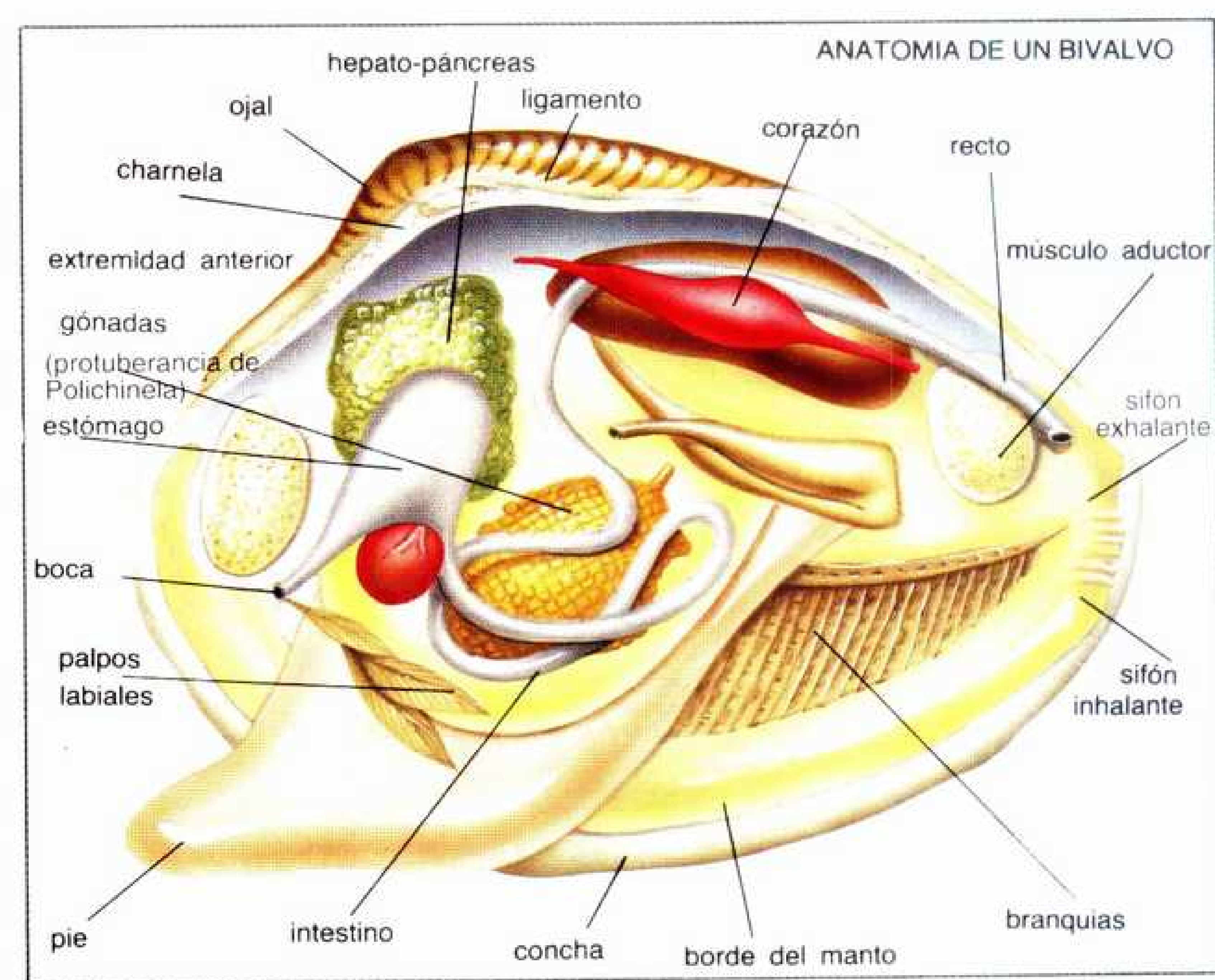
OBSERVÁNDOLA atentamente, cada concha es una maravilla de formas y de colores: hasta las más modestas, las menos resplandecientes, poseen una suerte de perfección que deja estupefactos. En los lamelibranquios, también llamados bivalvos, la concha está constituida por dos elementos más o menos simétricos, que pueden cerrarse en forma hermética uno con otro, especialmente gracias a una serie de dientecillos que se incrustan unos en otros. La apertura de las valvas (unidas por medio de una charnela en la región dorsal del animal) se hace posible por un ligamento elástico. El cierre se produce por la contracción de dos potentes músculos aductores (uno anterior, y el otro posterior).

Los bivalvos suelen vivir pegados a un soporte rocoso: tal ocurre con los mejillones *(Mytilus edulis; M. galloprovincialis)*, las ostras (ostra plana *Ostrea edulis;* ostra portuguesa *Crassostrea angulata)*. Otras especies prefieren los fondos de arena, como los nácares *(Pinna)*, que alcanzan los 70 centímetros de longitud y son las mayores conchas del Mediterráneo. Otros, en fin, permanecen en el fondo, por donde se desplazan (conchas de peregrino, o vieiras, *Pecten)*.

Los animales de los que acabamos de hablar forman parte del orden de los filibranquios. Los bivalvos comprenden otros dos: el de los protobranquios, muy







El interior de una concha. *En los gasterópodos, el pie sirve esencialmente para desplazarse, la cabeza está bien desarrollada, y perfeccionados los órganos de los sentidos. En los bivalvos, la cabeza es muy pequeña, el pie sirve más bien para excavar el sedimento, y los órganos de los sentidos están poco perfeccionados. En la página anterior, a la izquierda: microfotografía de la lengua rasposa, o rádula, del gasterópodo* Monodonta mutabilis: *este órgano permite a los caracoles pegarse a materiales muy duros. En esa misma página, a la derecha: radiografía de la concha del gasterópodo* Argobuccinum giganteum. *Abajo, a la izquierda: ojos pedunculados del gasterópodo* Strombus lentiginosus *Abajo, a la derecha: los ojos del gasterópodo* Lambius truncata.





primitivos, y que apenas han evolucionado desde el Cámbrico *(Nucula);* y el de los eulamelibranquios, el más abundante en especies. En este último grupo se puede citar a los pelecípodos (almejas y mejillones de río) y los sifonados. Estos últimos comprenden los berberechos *(Cardium edule)*, las chirlas *(Venus)*, las tallerinas *(Tellina)*, las coquinas *(Donax)*, las almejas *(Tapes)*, las navajas *(Ensis)*, las folas o barrenas *(Pholas)*, las bromas o teredos *(Teredo)*. También entre los sifonados se encuentran los gigantes de la clase, las tridacnas o taclobos *(Tridacna)*, que viven entre los corales, y cuyas gigantescas valvas alcanzan los dos metros de longitud con un peso de más de 250 kilogramos.

Entre las pequeñas clases de moluscos, que sólo cuentan con unas pocas especies en comparación con los bivalvos y los gasterópodos, algunas son muy interesantes. Los aplacóforos, o solenogastros, son a la vez primitivos y aberrantes. Los poliplacóforos (quitones), arcaicos, han evolucionado poco desde el Silúrico. Se consideraba a los monoplacóforos como totalmente extinguidos, hasta que la expedición del *Galatea* encontró en 1952, a 3.650 metros de profundidad, en las aguas pacíficas de Costa Rica, el fósil viviente *Neopilina galatheae.*

La clase de los escafópodos, igualmente muy antigua (es conocida desde el Silúrico), comporta animales especializados en escarbar los sedimentos del fondo: esencialmente *Dentallium*, con la característica concha en forma de colmillo de elefante.

El maravilloso nautilo

Los moluscos cefalópodos agrupan a animales sumamente diferentes, algunos de los cuales se cuentan entre los más antiguos del *phylum*, como los nautilos, conocidos éstos desde el Cámbrico, mientras que otros son los más evolucionados de los invertebrados, especialmente en el plano de la organización nerviosa, como los pulpos. Los cefalópodos siguen siendo muy abundantes en los mares, pero el apogeo de su desarrollo fue en las eras Primaria y Secundaria. Se caracterizan por su pie dividido en tentáculos, su embudo (gracias al cual expulsan el agua de su cavidad paleal y nadan por reacción), por sus ojos bien desarrollados y por su complejo sistema nervioso. Por el número de sus branquias se clasifican en dos grandes grupos: tetrabranquios (dos pares) y dibranquios (un par).

Los dibranquios tienen una masa visceral desnuda y una concha más o menos oculta por su manto, cuando no falta. Algunos poseen diez brazos (decápodos), ocho cortos y dos largos: son los belemnoideos (belemnites, únicamente fósiles), los sepioideos (sepias), de rudimentaria concha, y los teutoideos (calamares), cuya concha está reducida a una pluma. Otros tienen ocho brazos (octópodos): son los argonautas (que segregan una barquilla calcárea sobre la que flotan sus huevos) y los conocidos pulpos, en los que la concha ha desaparecido por completo. Los tetrabranquios, los más primitivos, están representados por el único grupo de los nautiloideos, que tuvo su apogeo en la era Primaria, y cuyos parientes eran entonces los célebres ammonoideos (ammonites). Actualmente, los nautiloideos sólo comprenden un solo género, *Nautilus*, el nautilo.

El nautilo, que se encuentra a profundidades de 50 a 700 metros en los océanos Indico y Pacífico occidental *(Nautilus macromphalus)*, posee una magnífica concha en espiral, hecha de sucesivos compartimientos, el último de los cuales (el más exterior) es el habitado por el animal. La espiral es matemáticamente perfecta (de tipo logarítmico). Un sifón, especie de conducto dependiente del manto y revestido de cal, une a todas las cámaras de la concha.

El nautilo equilibra su densidad expulsando agua de sus compartimientos posteriores, o llenándolos más (según las necesidades) gracias a su sifón. Nada por reacción, expulsando agua de su cavidad paleal a través del orificio de su embudo. Posee un ojo bien desarrollado a cada lado de su masa cefálica, así como tentáculos oftálmicos.

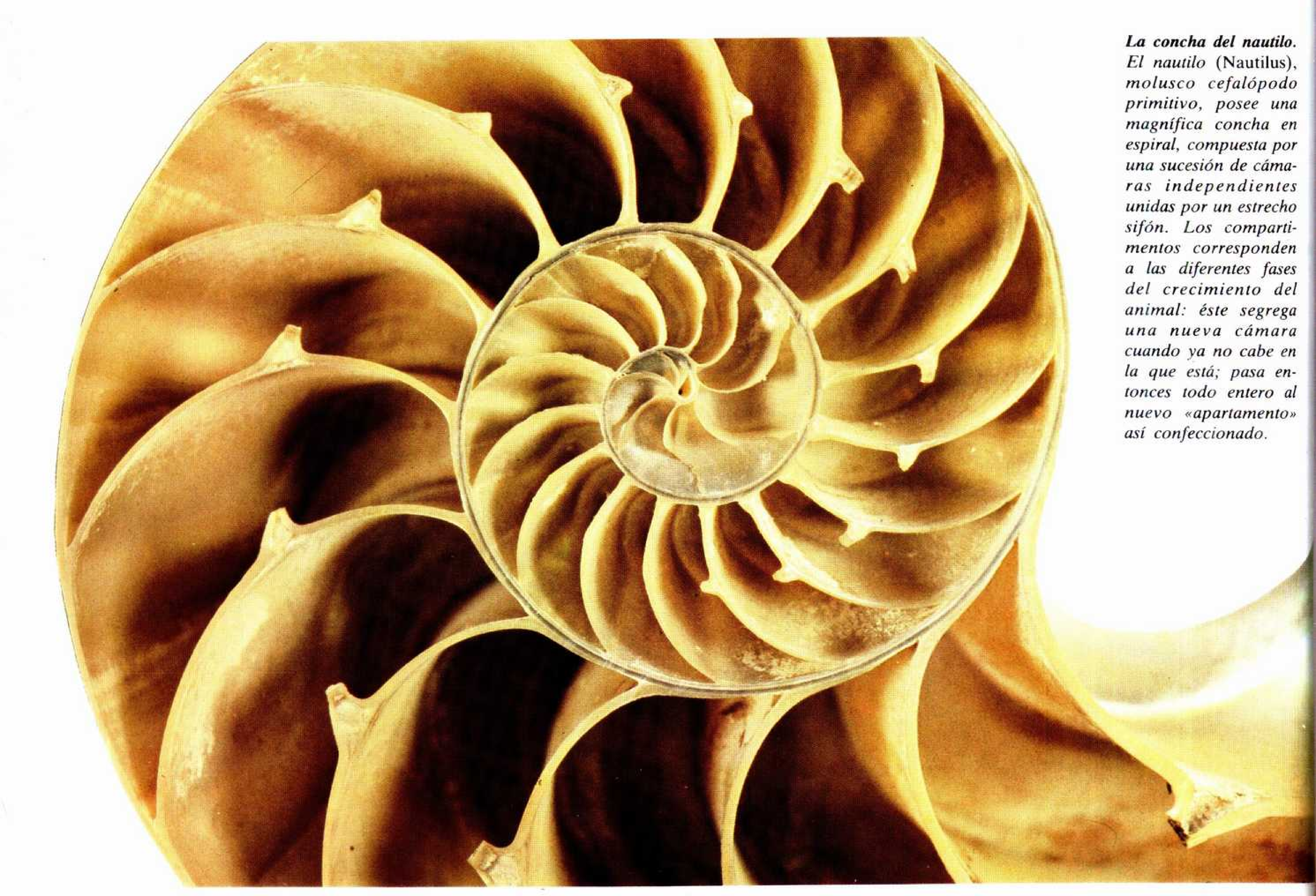
Los tentáculos de su pie, numerosos y retráctiles, rodean una boca estrecha, dotada, como ocurre en los demás cefalópodos, con dos mandíbulas córneas en forma de pico de loro.

Los nautilos, muy escasos (por lo menos en las aguas superficiales, a donde llegan sólo accidentalmente), encierran muchos misterios. ¿Cómo viven en las profundidades? ¿De qué se alimentan? No se sabe todavía.

Estos animales han perdurado prácticamente sin cambios durante decenas de millones de años: los del Cámbrico apenas eran diferentes, y los de finales del Cretáceo, hace unos 65 millones de años, eran totalmente semejantes a los de ahora. Esta permanencia es un testimonio de excelente adaptación. Son discretos, pero obstinados...

Los coleccionistas de conchas, por su parte, estiman grandemente las espirales blancas o crema con rayas rojas de los nautilos. Estas piezas provienen esencialmente del Pacífico occidental (Nueva Caledonia, Nuevas Hébridas, Samoa, etc.): se recogen en las playas a las que el mar las arroja. Sin embargo, hay pescadores que bajan a capturar nautilos vivos, en su medio, por debajo de los 50 metros de profundidad.

Cosa en verdad lamentable: la especie es demasiado interesante, desde el doble punto de vista biológico y evolutivo, como para que se la capture simplemente por motivos decorativos.



La concha del nautilo. *El nautilo* (Nautilus), *molusco cefalópodo primitivo, posee una magnífica concha en espiral, compuesta por una sucesión de cámaras independientes unidas por un estrecho sifón. Los compartimentos corresponden a las diferentes fases del crecimiento del animal: éste segrega una nueva cámara cuando ya no cabe en la que está; pasa entonces todo entero al nuevo «apartamento» así confeccionado.*



Las adaptaciones del nautilo. *Prácticamente sin cambios desde el Cretáceo, y teniendo antepasados cercanos que se remontan al Cámbrico, el nautilo, ese fósil viviente, se ha adaptado a profundidades que van de los 50 a los 700 metros. Se trata del último representante de un grupo de cefalópodos en otro tiempo abundante en especies, el de los tetrabranquios, caracterizados por sus dos pares de branquias. Como los demás cefalópodos, los nautilos poseen un pie dividido en numerosos tentáculos, un sistema nervioso más complejo que el de los demás moluscos, y un sistema de propulsión que puede definirse como a reacción, constituido esencialmente por un embudo a través del cual el animal puede expulsar el agua contenida en su cavidad paleal. En esta página, arriba: una vista del animal en plena agua, cerca de las costas de Nueva Caledonia. A la izquierda: el embudo cerrado y (justo debajo) el embudo abierto. Abajo: la abertura de este mismo embudo, en una fotografía muy agrandada.*

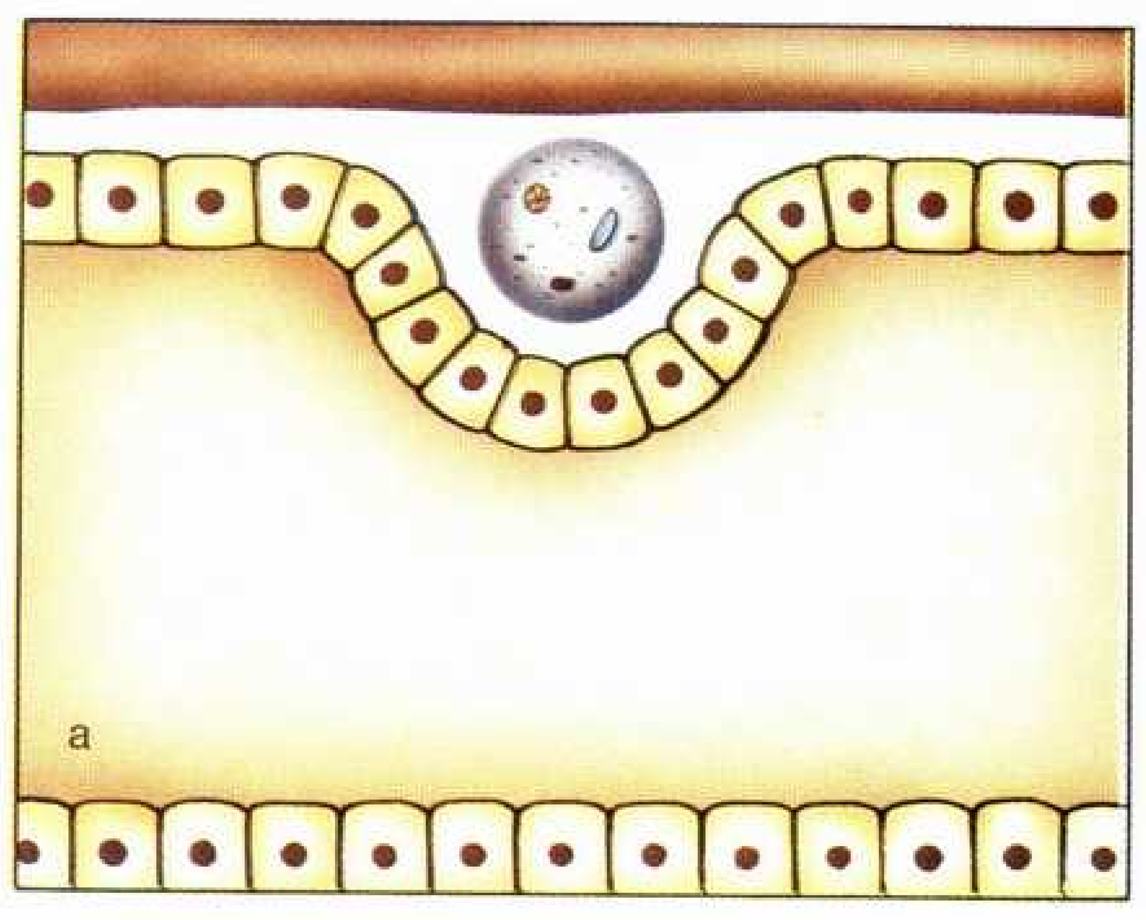


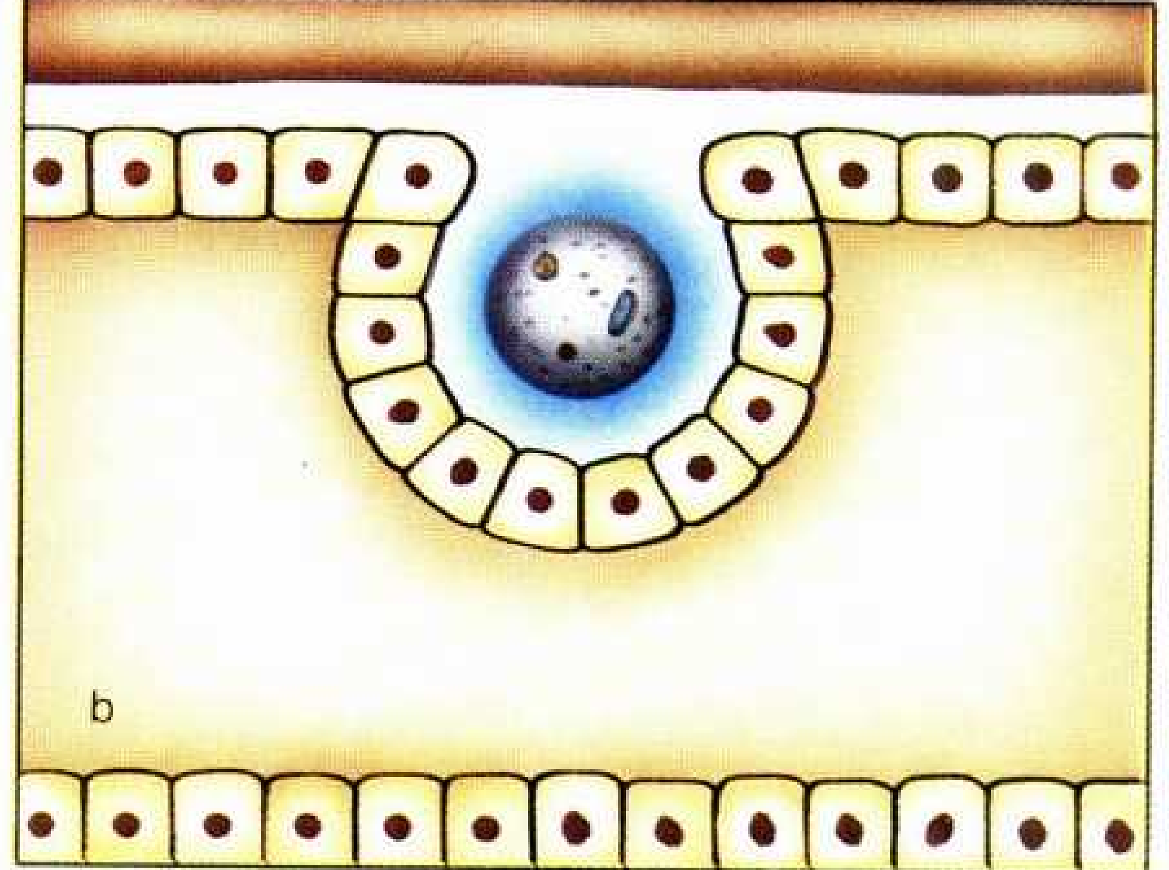


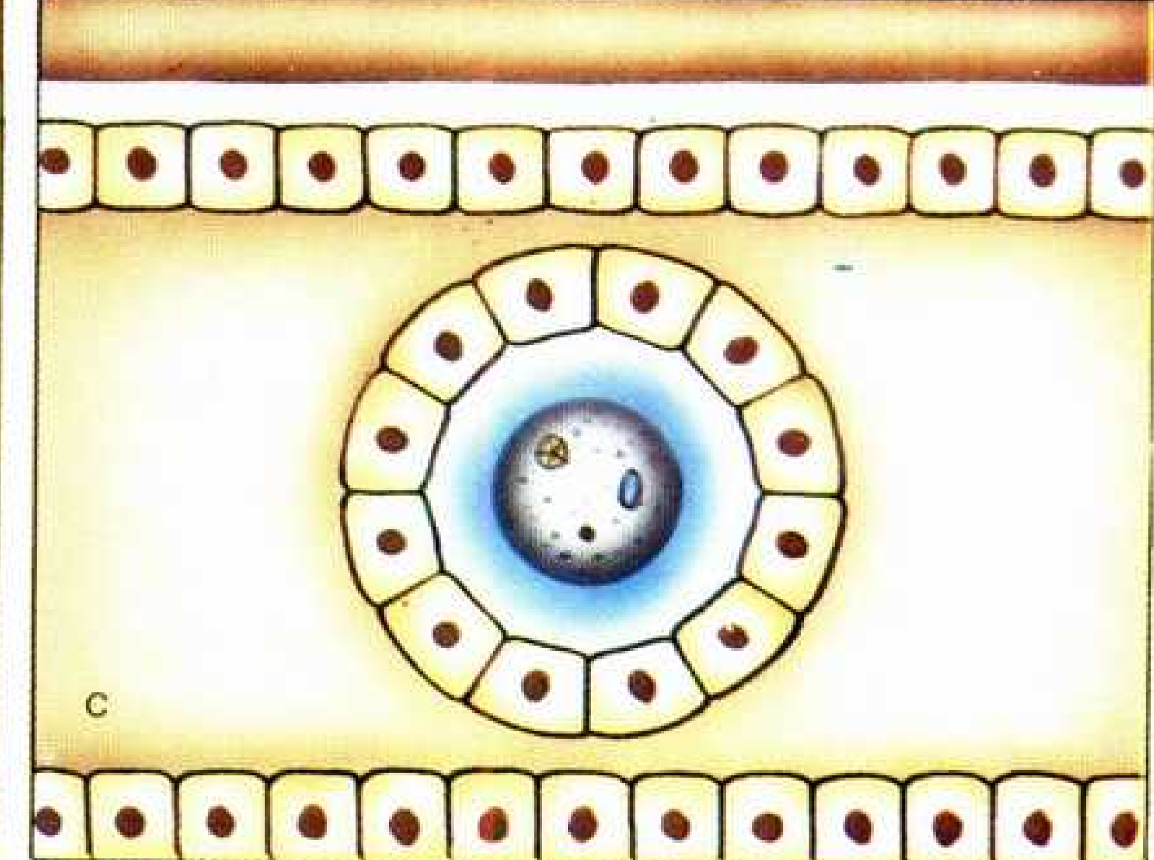


La formación de las perlas

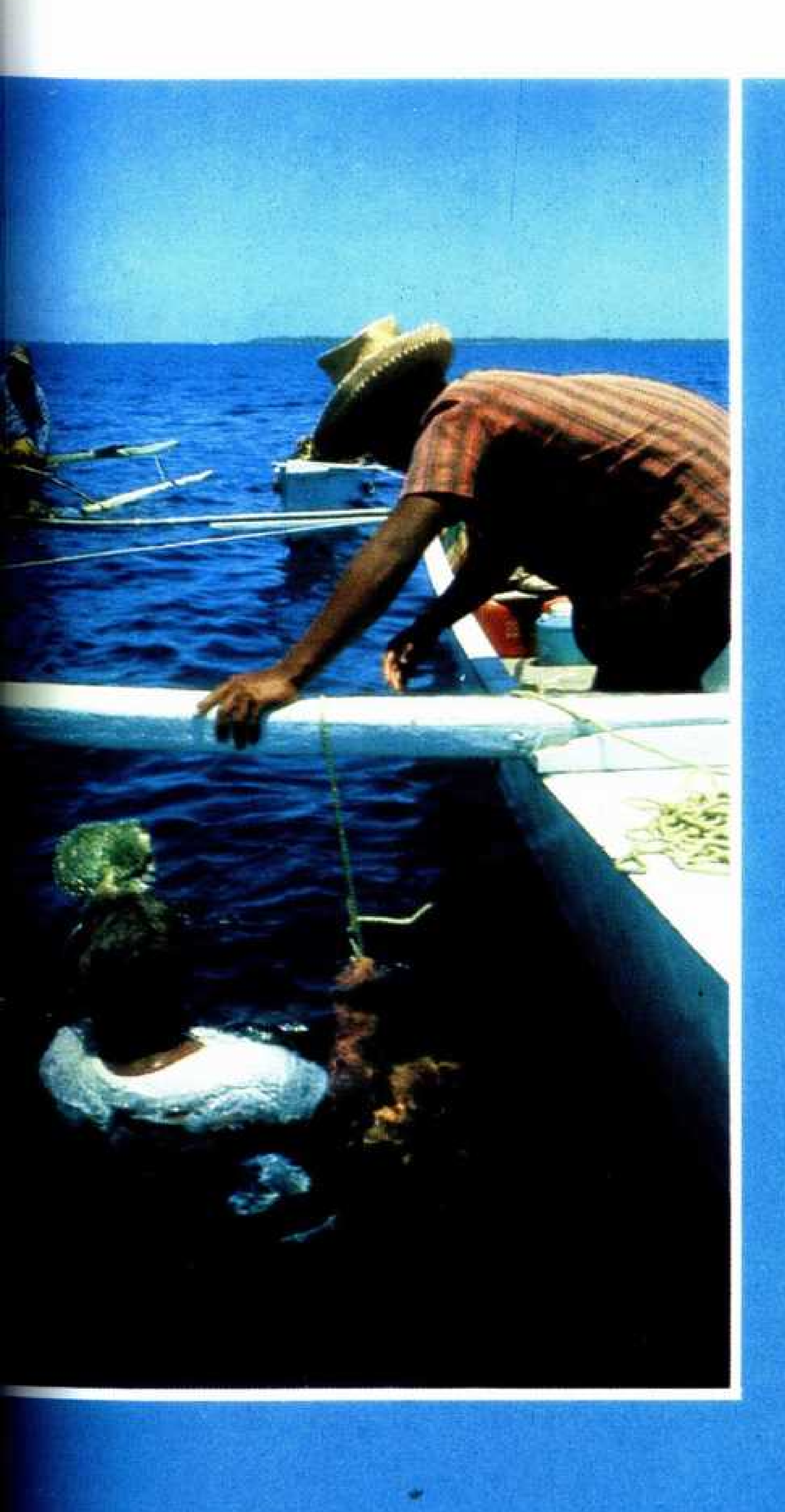
A lo largo de las costas de Arabia, especialmente en el golfo Arábigo-Pérsico, las ostras de la especie *Meleagrina vulgaris*, o meleagrina, tienen como principales enemigos a las rayas. Estos peces nadan cerca del fondo, y se dan auténticos festines con ellas. Las ostras cuentan con órganos sensoriales que les permiten descubrir a distancia a sus depredadores, y rápidamente se cierran. Pero las rayas poseen dientes adaptados para abrir los bivalvos, y logran con bastante frecuencia devorar sus carnes blandas.
Las ostras son parasitadas a menudo por un pequeño gusano, cuya fase larvaria necesita precisamente, para llevarse a cabo, de una permanencia prolongada en el intestino... de una raya. En los tejidos del pez, esta larva se metamorfosea en adulto, y el gusano desova. Los huevos, expulsados por la raya, eclosionan en el agua. Las larvas encontrarán una ostra donde deberán esperar a otra raya, y así sucesivamente. Este ciclo con varios huéspedes se perpetúa...
Sucede que un protozoo del género tripanosoma perturba este ciclo, al parasitar a la larva que parasita a la ostra. Lo cual tiene por efecto que la larva se vuelve insoportable para el bivalvo: la ostra reacciona segregando alrededor de la larva infectada sucesivas capas de nácar, a fin de aislarla de sus propios tejidos. Cuando las capas de nácar dan al conjunto el aspecto de una minúscula esfera irisada, se dice que se ha formado la «madreperla». La perla misma se constituye luego por adición de otros estratos nacarados, cada uno con el espesor de apenas unas milésimas de milímetro.
A veces, aunque raramente (al contrario de lo que hasta hace poco se creía), una impureza (grano de arena, trozo de concha, etc.) desencadena la constitución de la perla.
Las perlas difieren por sus formas y por sus colores. Los joyeros las clasifican en gran número de categorías. Y para hablar de su brillo emplean la palabra «oriente». Sopesan por encima las perlas más regulares, las que son perfectamente esféricas. Pero algunas, de forma particular (como gota de agua, como pera...) pueden alcanzar también precios muy elevados si son grandes, y su oriente es magnífico. La mayoría de las concreciones de nácar son de una tonalidad gris pálido, con reflejos blancos o azulados; pero algunas son rosáceas, otras muy oscuras (casi negras). Los joyeros controlan la forma de las perlas haciéndolas rodar por un plano inclinado (lo que permite comprobar su esferidad), examinándolas al microscopio, observándolas incluso en la actualidad con una iluminación especial (luz polarizada).
Lo que se llama el oriente, y que difiere del color, de la forma y del brillo, designa una sensación un tanto subjetiva de profunda translucidez, debida, no obstante, a un fenómeno muy real: el de la descomposición de la luz por las capas de nácar.
El gran valor de las perlas naturales, que se recogen solamente en ciertos sitios del mar (golfo Arábigo-Pérsico, mar Rojo, islas del océano Indico y del Pacífico Sur, costas del Japón, California mexicana, Caribe), ha suscitado desde siempre la codicia. Son incontables los relatos de aventuras en las que los hombres entablan furiosos combates por la posesión de una perla rara.
El cultivo de las perlas no tiene nada de nuevo, puesto que ya se menciona en un texto de Filóstrato, filósofo griego del siglo II después de Cristo. Probablemente, este autor había oído hablar de ello a los viajeros que llegaban de la península de Arabia. En el Extremo Oriente, el cultivo de perlas es igualmente ancestral: chinos y japoneses, cada quien por su lado, lo practicaron durante siglos.











La formación de las perlas. *El esquema de la página anterior muestra las diferentes fases de la formación de una perla, desde la introducción de un cuerpo extraño bajo el manto de la ostra (a) hasta la constitución de la madreperla (c), pasando por las primeras secreciones de capas de nácar en torno a un objeto exógeno (b). En la página anterior, abajo: una ostra perlífera meleagrina salvaje. En esta página: diversos aspectos de la pesca de perlas, actividad agotadora que se practica aún hoy (preparándose para sumergirse; búsqueda de los bivalvos en el fondo; subida a lo largo de un cable).*

Las perlas cultivadas

El gran avance en la perlicultura se produjo en 1920. Por esa época se supo que un industrial japonés, el honorable Mikimoto, había logrado reproducir artificialmente las preciosas esferas nacaradas... Por mucho tiempo se guardó el secreto que él empleó, pero finalmente acabó por conocerse. Se trataba de hacer producir «madreperlas» a una ostra, sembrando su manto con pequeños trocitos de conchas o de otros fragmentos minerales. Cuando las madreperlas estaban dispuestas (se parecen a minúsculas esferas incluidas en un repliegue del manto), se las trasladaba una por una a otras ostras, en la esperanza de que estas últimas continuaran la tarea emprendida por la primera. Así descrito, el método parece sencillo. En realidad es sumamente complejo, y requiere una minuciosidad a toda prueba. Hay que retirar las madreperlas sin dañar la bolsa de tejidos orgánicos que las rodea, e injertarlas con el mismo lujo de precauciones en las ostras «de engorde». Un obrero entrenado no logra injertar más de cincuenta al día, y de este número no todos los injertos prenden, ni mucho menos.

Evidentemente, operaciones semejantes no se pueden efectuar sobre ostras salvajes, sometidas a todos los riesgos que comporta la vida independiente en pleno mar. Se han seleccionado ostras perlíferas de varias especies y de varios géneros (meleagrinas, pintadinas, etc.), que se han criado en parques, de manera que se pueda controlar su crecimiento y su cualidad «perlígena». El primero de estos parques protegido de los depredadores y vigilado cotidianamente lo estableció el honorable Mikimoto, ya citado, en la bahía de Ago.

Las perlas cultivadas, producidas por las mismas especies animales que las perlas salvajes, son en todo idénticas a éstas. A menudo, incluso, más hermosas, pues son más regulares. Si no es por radiografía, no hay modo alguno de distinguirlas de las espontáneas: por este medio, se puede entonces poner de relieve la «madreperla» artificial, la única reconocible. Pero como los cultivadores de perlas pueden a su vez variar los «sembrados» en sus sujetos, incluso este criterio hay que manejarlo con cuidado. Se recurre entonces al análisis de los diagramas de difracción, o a otros métodos cada vez más perfeccionados; pero en vano.

Tratar de distinguir una perla natural de otra cultivada es como acusar a una ostra de estar produciendo un sucedáneo. Las perlas cultivadas siguen vendiéndose más baratas que las otras. Pero esto es porque el mercado se ha organizado de suerte que todo el mundo tiene interés en que conserve esta estructura: la especulación con las perlas naturales puede poner en juego considerables sumas, de igual orden de magnitud que las de las transacciones con diamantes o piedras preciosas famosas.

Las perlas cultivadas. *El trabajo de los nuevos pescadores de perlas (abajo) es a la vez más sencillo, más seguro y está mejor remunerado que el de los antiguos. Las ostras cultivadas son sembradas una por una con una madreperla extraída de una ostra a la que se ha infestado especialmente con pequeñas partículas de conchas (o, mejor, con larvas de gusanos parásitos ellas mismas parasitadas por tripanosomas, como de cuando en cuando se produce en la naturaleza). Las operaciones de inseminación son largas y minuciosas, pero el resultado —las perlas cultivadas— es prácticamente idéntico a las perlas naturales.*



La pesca de bajura

Las proteínas del mar



En el océano, al igual que en la tierra, todas las formas de vida dependen del sol, de la energía luminosa que las plantas capturan y transforman en energía química, en forma de azúcares. Sin embargo, contrariamente a lo que ocurre en tierra firme, en el mar existen pocos herbívoros capaces de alimentarse directamente a base de plantas.

Las cadenas alimentarias oceánicas son en general muy largas. Se observa una considerable pérdida de biomasa en cada cambio de escalón de la pirámide trófica. Los especialistas en ecología marina hablan a este respecto de una «ley del 90 por 100».

Es aproximativa, pero da, sin embargo, una buena estimación de la realidad de los fenómenos. Cada vez que pasamos de un piso de la pirámide alimentaria al siguiente se pierde el 90 por 100 de la masa de materia viva.

Veamos un ejemplo teórico: para producir un kilogramo de atún, hacen falta 10 kilogramos de múgiles, 100 kilogramos de sardinas, 1.000 kilogramos de pequeños crustáceos, es decir, 10 toneladas de microplancton animal y, por último, 100 toneladas de fitoplancton.

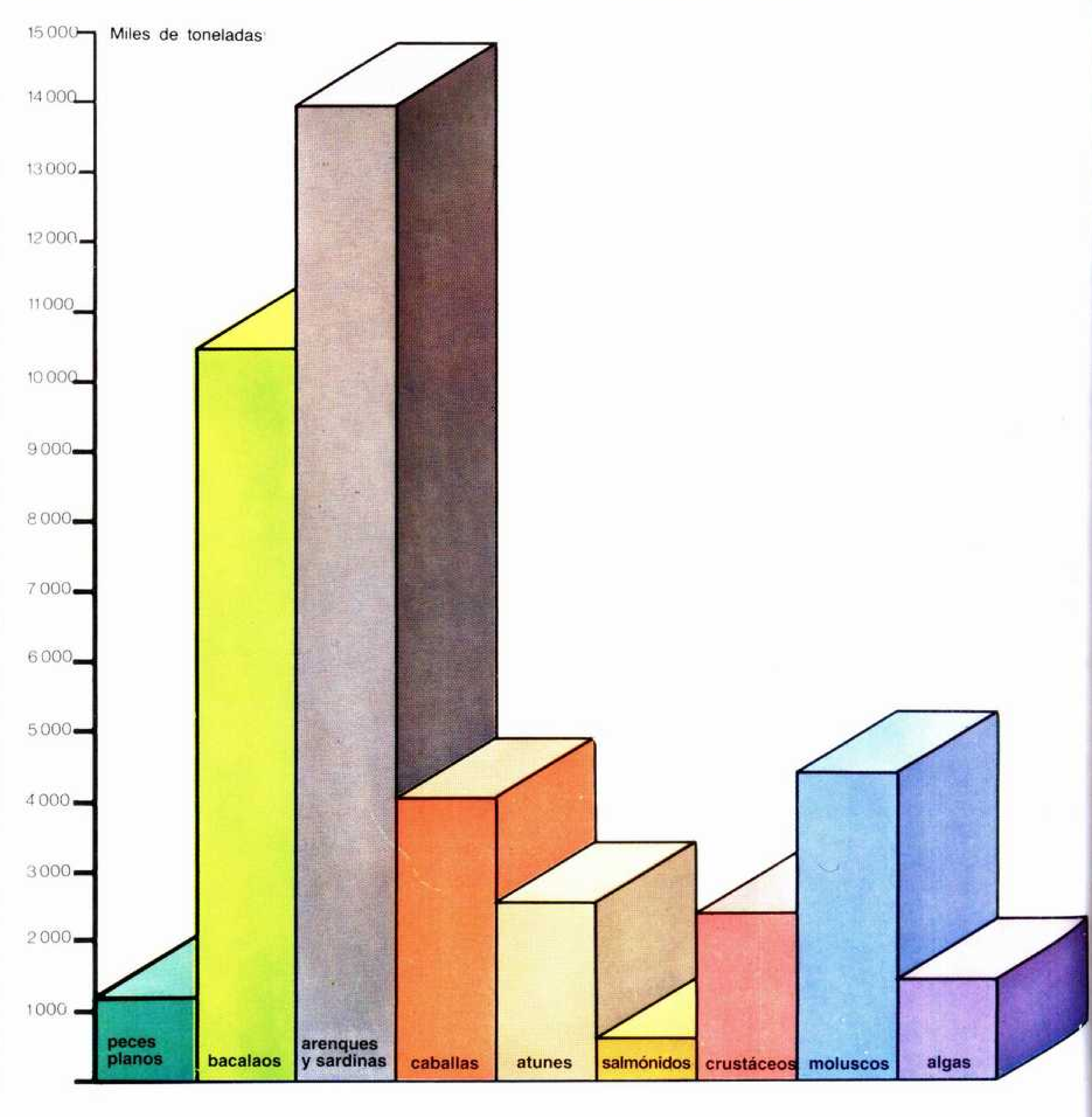
Por supuesto, todas las cadenas alimentarias no tienen la misma estructura. Algunas son más largas que otras. Se ha calculado que en el mar del Norte, 200 kilogramos de fitoplancton permiten obtener 40 kilogramos de zooplancton, que generan a su vez cuatro kilogramos de arenques y, en una etapa ulterior 50 gramos de caballa.

La misma cantidad inicial de fitoplancton —200 kilogramos— produce, sin embargo, tan sólo 35 gramos de *Melanogrammus aeglefinus*, que generan apenas tres gramos de bacalao.

Hay muy diversos tipos de peces. Se estima que existen alrededor de 40.000 especies. Sin embargo, no más de mil son utilizadas por el hombre con fines alimentarios, y tan sólo una decena tiene una verdadera importancia económica para la nutrición de nuestra especie.

Estos peces son fundamentalmente los que viven en grandes bancos, como las sardinas, los arenques, las anchoas, los bacalaos; los que emigran durante estaciones concretas del año, como los salmones, o los que alcanzan gran tamaño, como los atunes.

La pesca en alta mar es al menos tan antigua como la historia, y ha engendrado todo tipo de relatos heroicos y de leyendas. Al principio, los hombres se limitaron, por supuesto, a capturar peces en las cercanías de la costa. Poco a poco se fueron envalentonando y fabricaron barcos para





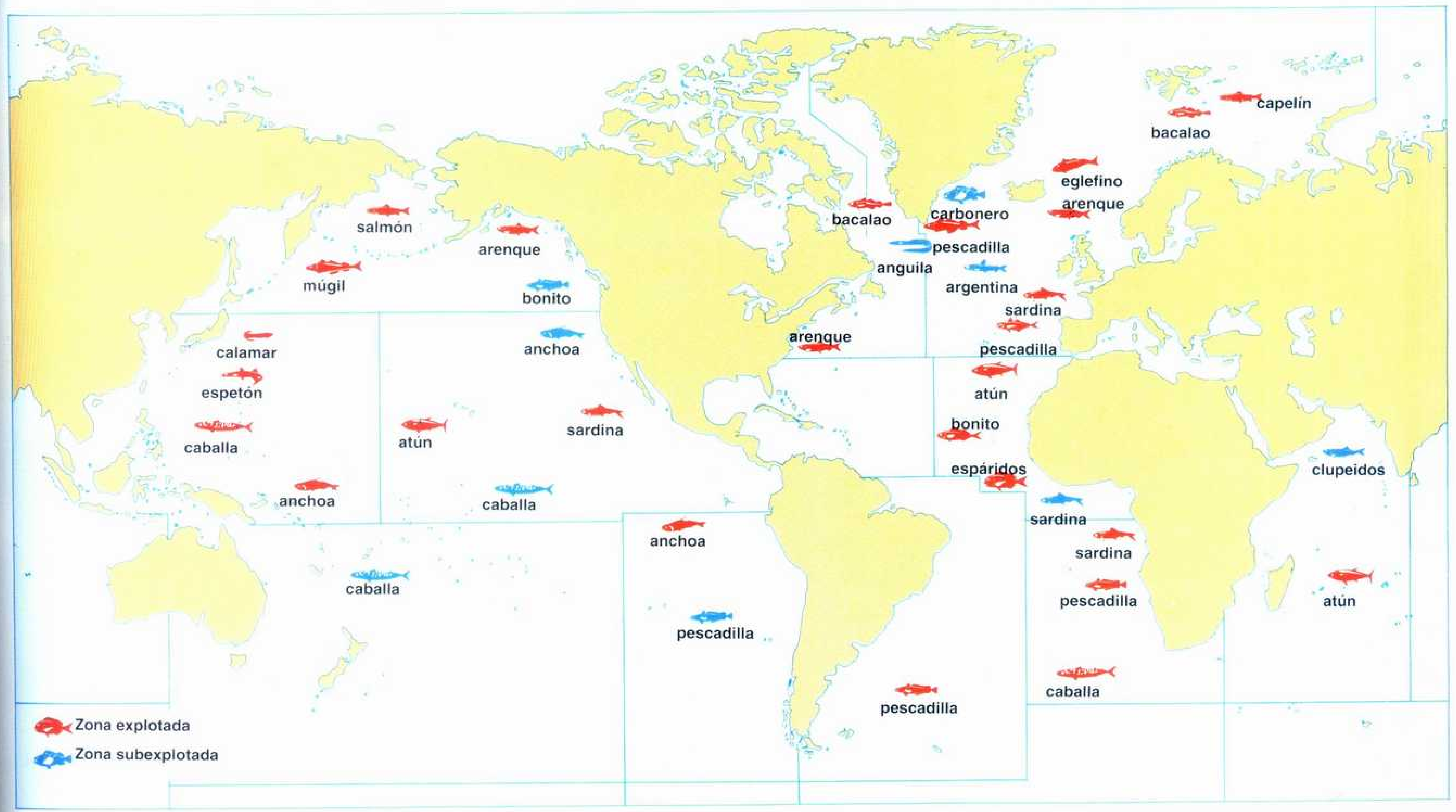
ir a capturarlos a mar abierto. Los grandes bancos de pesca aún explotados en la actualidad eran ya conocidos hace varios siglos por las naciones europeas, además de China y Japón. Ya en el siglo XVIII, los habitantes de Terranova partían anualmente a una campaña de varios meses de duración en el Atlántico Norte, a veces en el límite de los hielos polares, en busca de los bacalaos y de las otras especies que constituían las riquezas de estas aguas. En esta época, el océano parecía inagotable. Los capitanes y las tripulaciones corrían el riesgo de encontrarse con tempestades, pero no de volver con las manos vacías.

Poco a poco, los métodos de pesca y de localización del pescado fueron mejorando. Los barcos se han hecho más potentes, las técnicas de conservación han progresado, las redes son cada vez mayores, y se han puesto a punto métodos precisos de localización de los bancos. Los biólogos marinos han estudiado las corrientes, las concentraciones de fitoplancton, las ascensiones de aguas profundas, y han demostrado que existen en el océano zonas privilegiadas en las que los peces son mucho más abundantes que en cualquier otro lugar. Como no podía dejar de ocurrir, los pescadores se han aprovechado de estos múltiples descubrimientos científicos. A partir del término de la segunda guerra mundial, la pesca se ha industrializado. La utilización del sonar y del radar ha aumentado aún más las posibilidades de captura. Durante varios años los resultados mejoraron rápidamente. Los barcos estaban seguros de volver con las bodegas llenas.

Algunos ecólogos advirtieron a los armadores que eran pescas abusivas, pero aparte de ellos nadie se inquietó. Sin embargo, se observó paulatinamente que algunos fondos que parecían inagotables se iban transformando en desiertos.

La pesca industrial se desarrolló sobre todo en el Atlántico Norte y en el Pacífico Norte. A medida que los fondos se iban agotando, se desplazó al Pacífico Sur y al océano Indico, para intentar explotar nuevos bancos.

Hubo un tiempo en que se pensó que el océano aportaría a la humanidad todas las proteínas animales que necesitaba. En seguida se vio, sin embargo, que eso era imposible sólo con la pesca. Esta es una actividad de simple recolección, similar a la que practicaban los hombres prehistóricos al recoger frutos salvajes o espigas de gramíneas, y análoga asimismo a la caza primitiva.



La pesca en el mundo. *Los moluscos, los crustáceos, las algas y otros tipos de organismos marinos contribuyen a la alimentación humana. Pero son fundamentalmente los peces los que se explotan con este fin. El diagrama de la página de la izquierda muestra el reparto de las capturas en 1978. El mapa de arriba da una idea de la localización de las zonas de pesca. Lo esencial de las capturas proviene de la plataforma continental, en especial de las regiones en las que abunda el plancton gracias a las ascensiones de las aguas profundas o a las colisiones de corrientes frías y cálidas. Actualmente, el principal peligro que amenaza a la pesca es la propia pesca, y más concretamente la sobreexplotación. Los métodos de detección (sonares, satélites, etc.) y de captura del pescado (modernos arrastreros gigantes) son tan eficaces que agotamos y esquilmamos los ecosistemas favorables.*

Desde la segunda guerra mundial, el Japón es el primer país en cuanto a tonelaje de pesca capturada. Los japoneses son tradicionalmente un pueblo de pescadores. Además, en su caso, la proporción de proteínas animales de origen marino en su dieta es la mayor del mundo. Después de enviar flotas a todo el Pacífico norte, han explotado progresivamente el océano Indico y el Atlántico sur.

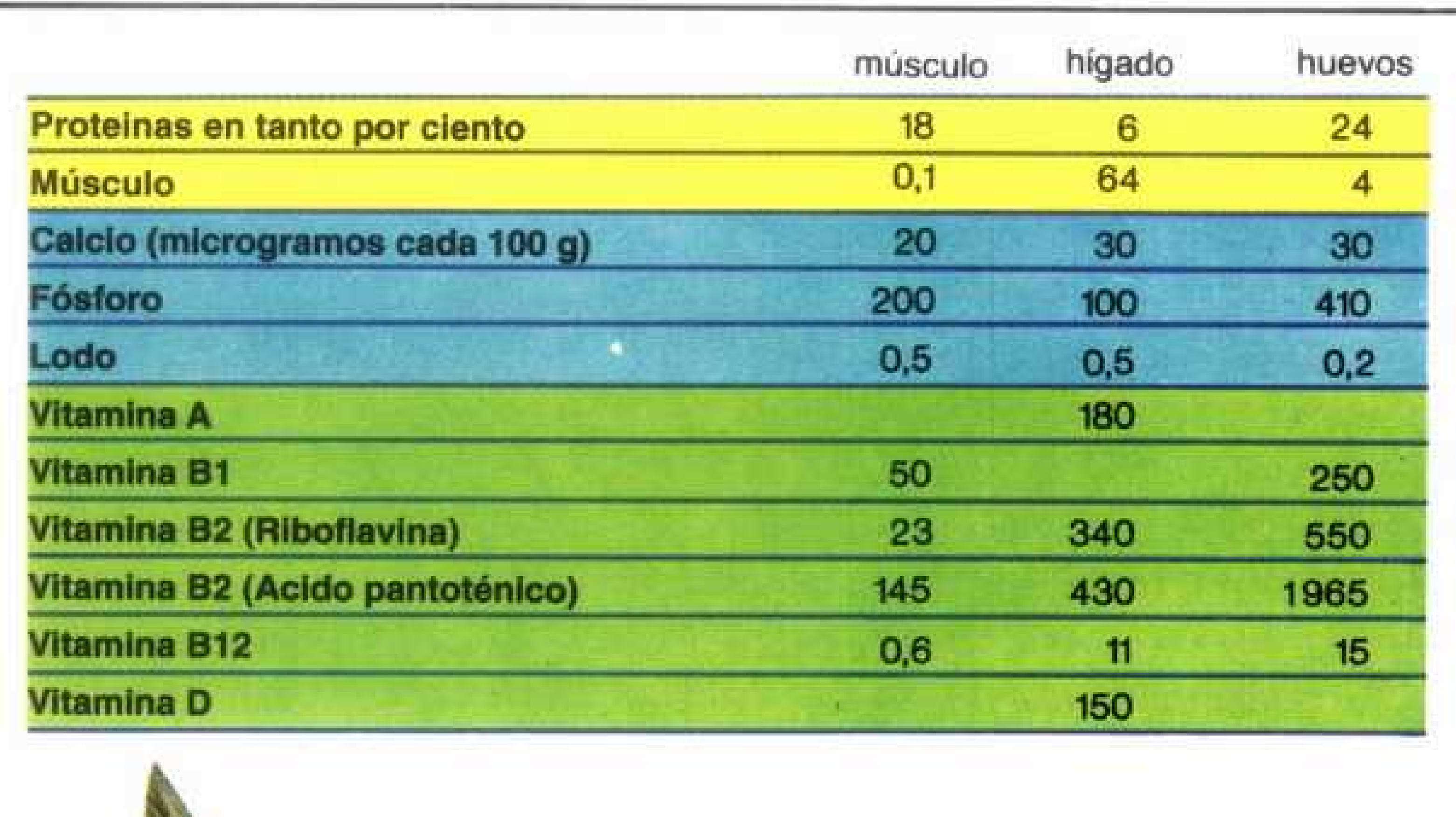
Al principio de la década de los cincuenta, los soviéticos empezaron a hacerles una seria competencia en todos los mares. Provistos de numerosas flotillas, los pescadores de la URSS parten de todos los puertos del país: Vladivostok en el Pacífico, Odessa en el mar Negro, Murmansk en el glacial Artico. No respetan las leyes internacionales acerca de la anchura de las mallas, por ejemplo. No se preocupan de las zonas reservadas al desarrollo de las larvas y de los peces jóvenes.

Europa occidental, Estados Unidos y Canadá, que son también bastante ricos en proteínas animales de origen terrestre, no han aumentado y modernizado sus flotas de pesca en la misma medida que el Japón y la Unión Soviética. Por el contrario, algunos países del Tercer Mundo se han hecho grandes productores. Es el caso del Perú, que goza, frente a sus costas, de la conjunción de varios elementos muy favorables a la proliferación del pescado. Una ascensión de aguas profundas y la oposición de la corriente cálida subecuatorial y de la corriente fría de Humboldt hacen que los peces sean abundantísimos en las 200 millas de las costas peruanas.

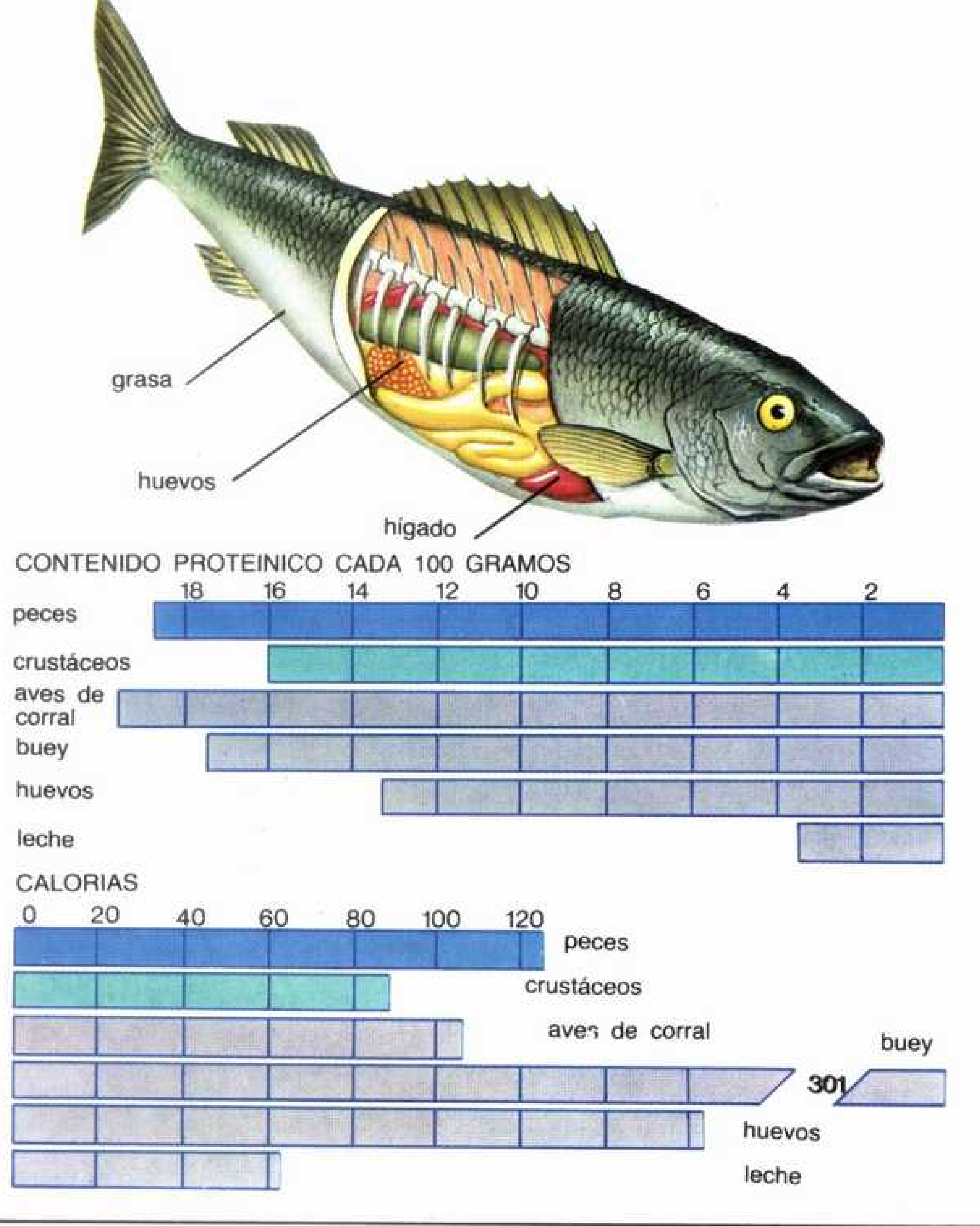


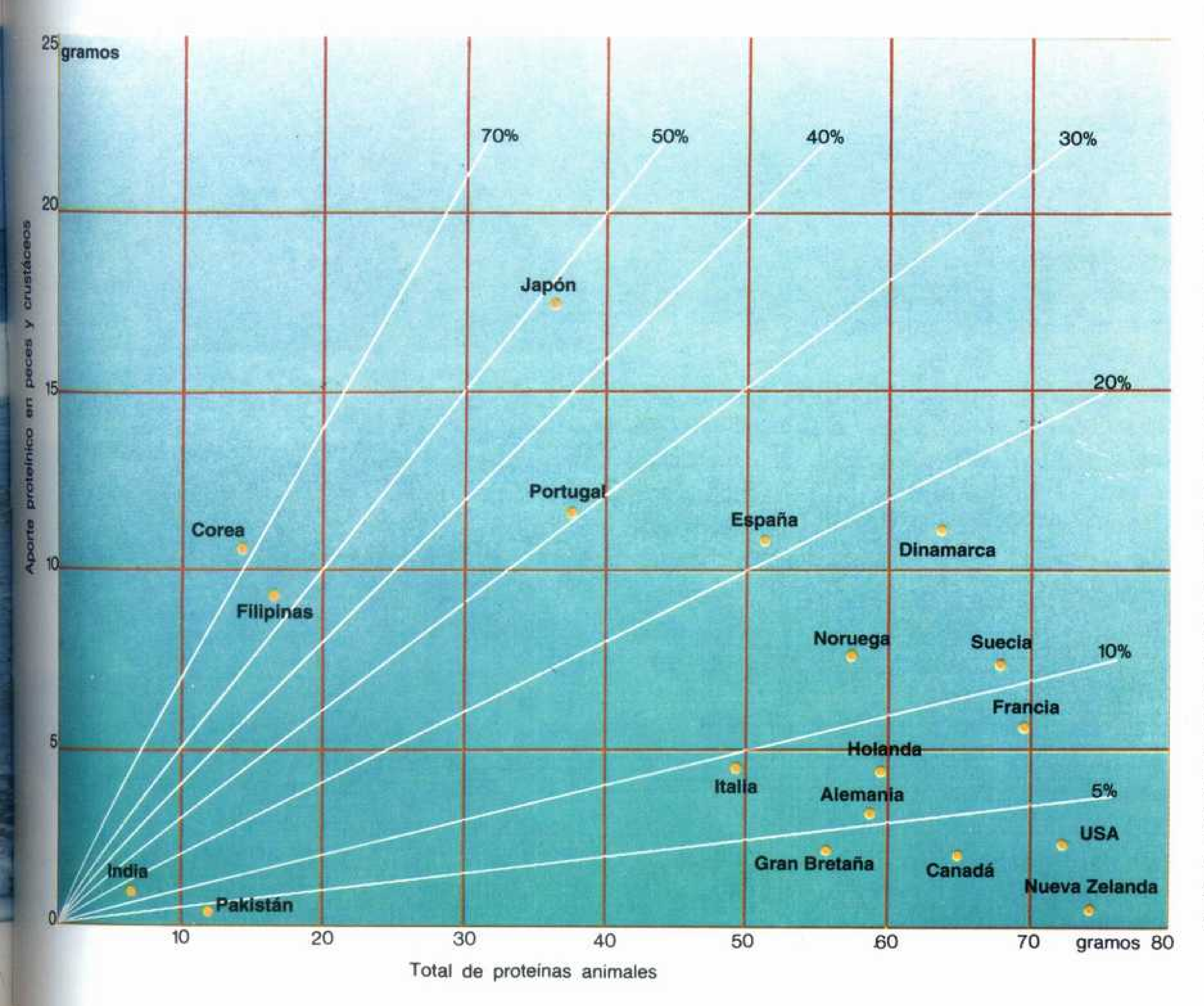


Las proteínas del mar. *Hoy día, uno de los grandes problemas de la humanidad es el hambre. Y lo que más necesitan las poblaciones desheredadas son proteínas animales. El mar puede abastecerlas de una parte de ellas. Sin embargo, no es cierto, como se ha creído durante una época, que pueda proveernos de la totalidad del aprovisionamiento. La acuicultura se halla aún en una primera etapa. Los esquemas muestran las proporciones de proteínas, grasa, minerales y vitaminas que existen en el músculo, en el hígado y en los huevos de los peces, de los crustáceos, de las aves de corral, del buey, del huevo de la gallina y de la leche. El gráfico inferior da una idea de la importancia de las proteínas animales en general, y de las proteínas animales de origen marino en particular, en la ración alimentaria de los habitantes de los diferentes países del globo.*



	músculo	hígado	huevos
Proteínas en tanto por ciento	18	6	24
Músculo	0,1	64	4
Calcio (microgramos cada 100 g)	20	30	30
Fósforo	200	100	410
Lodo	0,5	0,5	0,2
Vitamina A		180	
Vitamina B1	50		250
Vitamina B2 (Riboflavina)	23	340	550
Vitamina B2 (Acido pantoténico)	145	430	1965
Vitamina B12	0,6	11	15
Vitamina D		150	





Los más numerosos son las anchoas, que los peruanos llaman anchovetas. En el transcurso de los años 1960-1970, los peruanos enviaron a sus zonas de pesca numerosas y poderosas flotas, y fueron los primeros del mundo en cuanto a tonelaje de capturas anuales. El interés por conseguir explotar en el mayor grado posible las riquezas que el mar contenía frente a sus costas, animó al gobierno peruano a extender sus aguas territoriales, decisión que provocó conflictos con otras naciones que no querían renunciar a su parte en el botín. Una gran porción de las capturas eran transformadas en harina de pescado, destinada a los países ricos (América del Norte y Europa, esencialmente). Procediendo así, los peruanos agotaron rápidamente los bancos de sus costas. La sobreexplotación a la que se dedicaron, unida a fenómenos meteorológicos y oceanográficos naturales (la famosa corriente del Niño), han provocado que, tras una época de euforia, la pesca se haya literalmente hundido.

Después de lo que ocurrió en aguas peruanas no se puede ignorar uno de los mayores peligros que amenazan a la pesca mundial. Una buena parte de los peces capturados por los arrastreros no se utiliza directamente para la alimentación humana, sino que es destinada a fines muy diversos, especialmente para la alimentación del ganado. De ello resulta una absurda sobreexplotación de los recursos.

Los peces no son los únicos seres objeto de una pesca intensiva. Las algas y los crustáceos representan aproximadamente un 10 por 100 del tonelaje mundial de capturas. Las gambas, los bogavantes, las langostas, los cangrejos son capturados cada año en mayores cantidades, ya que resultan particularmente apreciados por los consumidores. Los moluscos tienen el mismo fin. Además de las ostras y de los mejillones, que son objeto de cultivo, consumimos vieiras, berberechos, bígaros, orejas de mar, etc., y también moluscos cefalópodos como calamares o pulpos. Japón pesca alrededor de un millón de toneladas de calamares al año. Otros animales son también explotados; los chinos, por ejemplo, gustan de los pepinos de mar (holoturias), mientras que en las islas Samoa y en el Sudeste Asiático se pesca durante algunas épocas del año el *palolo*, es decir, los órganos sexuales de algunos gusanos marinos del grupo de los anélidos, los eunices.

Los vegetales marinos son recolectados para ser comidos (sobre todo en los países del Extremo Oriente) o para ser utilizados con fines industriales. Se extraen así de las algas muchísimos productos; sosa, agar-agar y, cada vez más, sustancias medicamentosas.

Los equipos para la pesca

Los organismos marinos se diferencian por su forma, sus colores y sus dimensiones, así como por sus costumbres y sus modos de vida. Distribuidos por diversos medios ecológicos, tienen también comportamientos distintos. Atendiendo a sus dimensiones, sus biotopos predilectos y sus hábitos, los hombres han puesto a punto un gran número de instrumentos diferentes de captura.

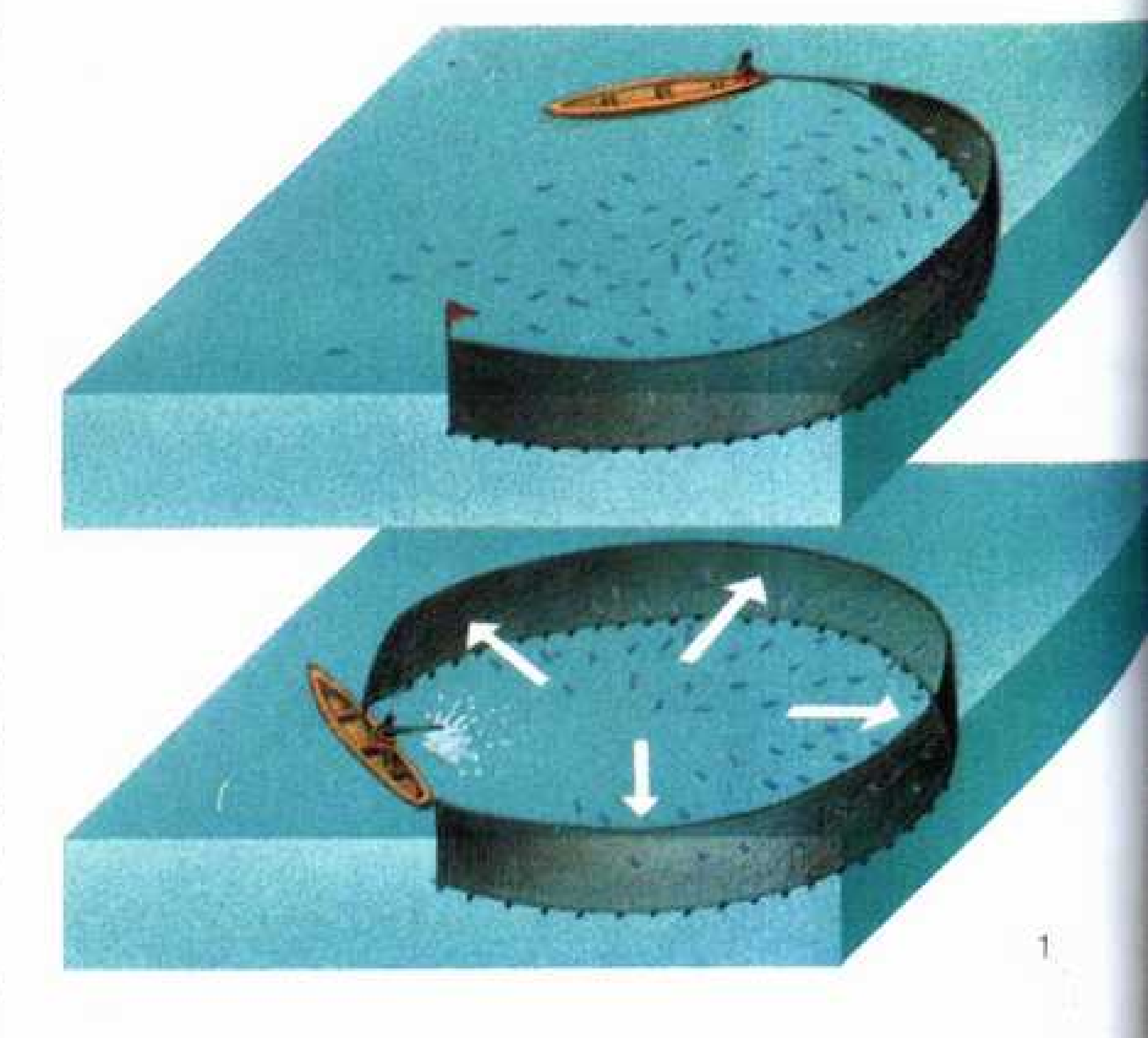
Ha existido, por supuesto, una considerable evolución de los métodos de pesca desde la época prehistórica; el hombre capturaba entonces a los animales con la mano, con arpones o con arcos y flechas. Se inventaron muy pronto las redes y los anzuelos. Actualmente se recogen los organismos acuáticos con aparatos muy sofisticados, a veces automáticos, y en cualquier caso mucho más seguros y eficaces. Pero si observamos atentamente la evolución de la pesca, comprobamos que ha cambiado menos en cuanto a la forma y la manera de actuar de los instrumentos de captura que en cuanto a las técnicas de localización de los bancos. Es aquí donde los progresos han sido mayores, gracias a los reconocimientos aéreos y a la detección mediante satélite.

De forma general podemos dividir a los equipos de pesca en dos categorías: los que se destinan a atrapar especies móviles y los que han de capturar animales sedentarios o que se desplazan muy lentamente por el fondo.

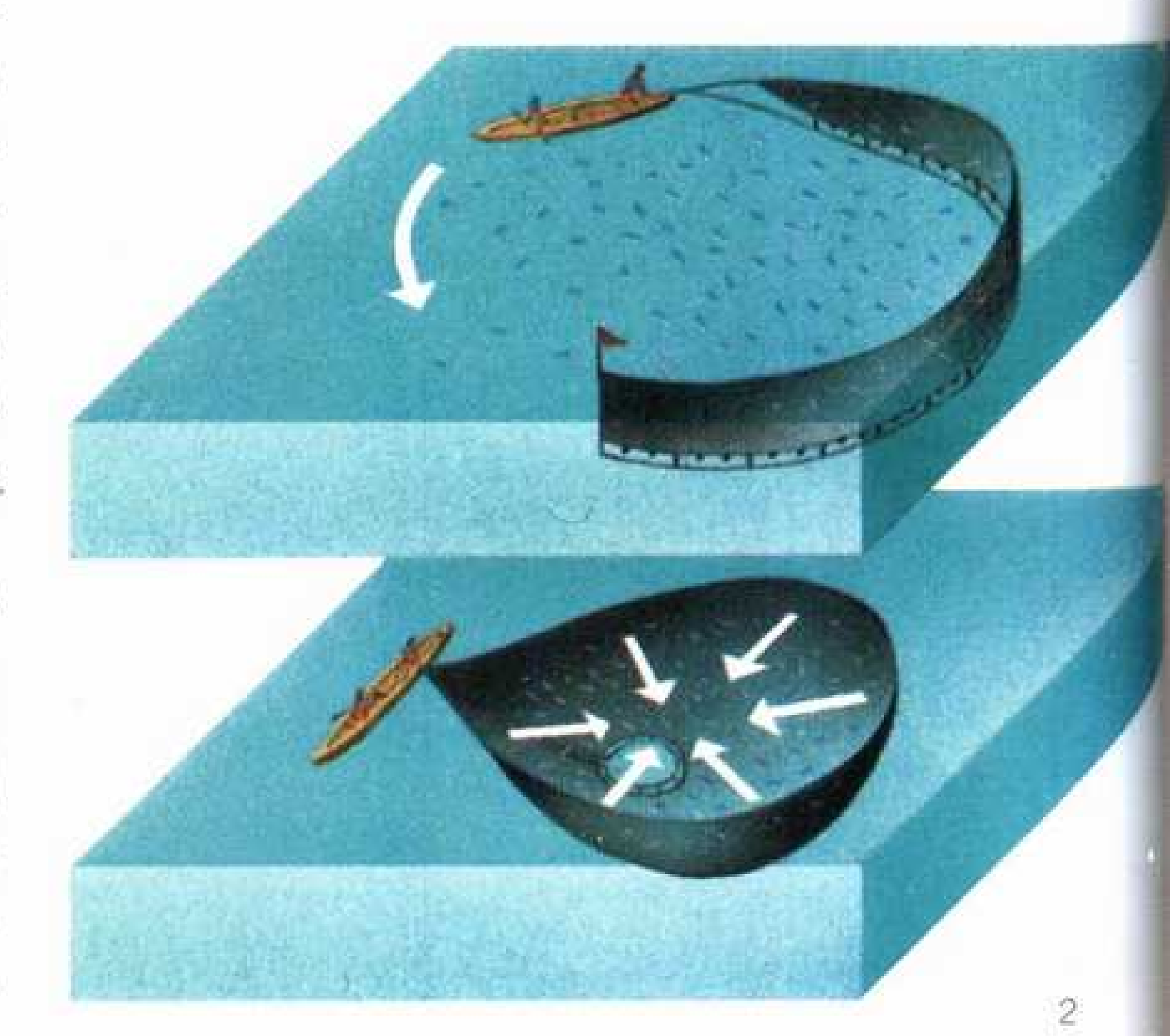
Las especies sedentarias pueden ser cogidas directamente a mano o con la fisga en los fondos cercanos a la orilla. Desde tiempos inmemoriales se pescan las quisquillas con la ayuda de sacaderas en los substratos arenosos. En algunas regiones se utilizan especies de palas para extraer los moluscos del sedimento (como en la costa americana del Pacífico). En otros lugares se recogen los organismos de la arena maniobrando desde la orilla una especie de rastrillo con mango muy largo. Las especies que viven sobre los fondos de arena en mar abierto son alcanzadas con redes barrederas. Se recogen así las vieiras, que se mueven a veces saltando por encima del sedimento.

Los equipos de pesca para los animales muy móviles pueden dividirse a su vez en dos grandes categorías. Los primeros están basados sobre un tipo de comportamiento del animal escogido: lo más a menudo, se trata de un comportamiento alimentario; el animal, cebado, se dirige a la trampa. Los segundos son métodos más radicales: se encierra a las especies anheladas y se las saca del agua: la trampa se dirige hacia el animal.

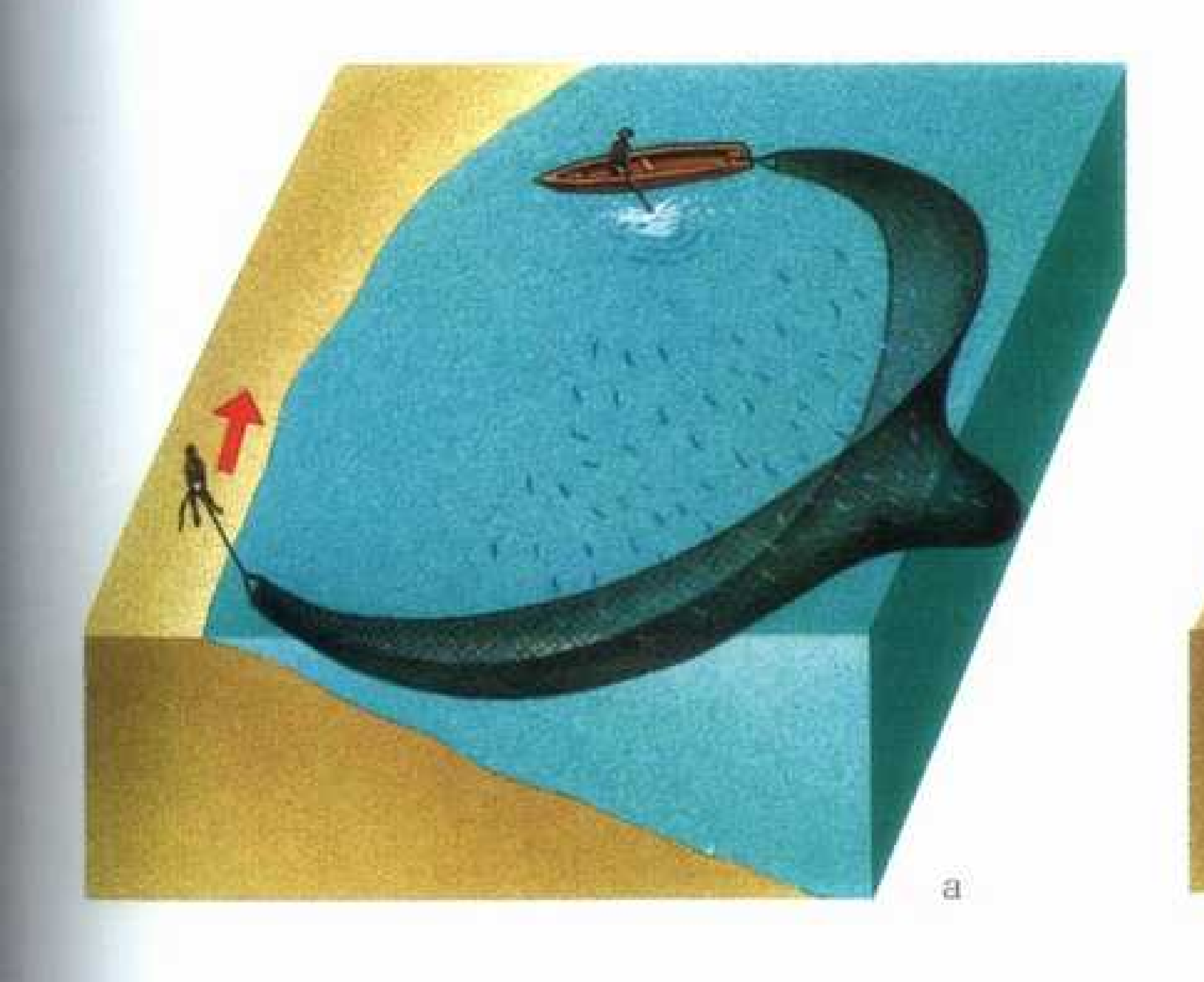
Hay numerosas trampas con cebo. Las principales son los palangres y las nasas. Los hilos, de grosores muy diversos (en función de la dimensión y de la vitalidad de las especies buscadas), existen desde el Neolítico. Los cebos pueden ser pequeños animales vivos, trozos de carne, o in-

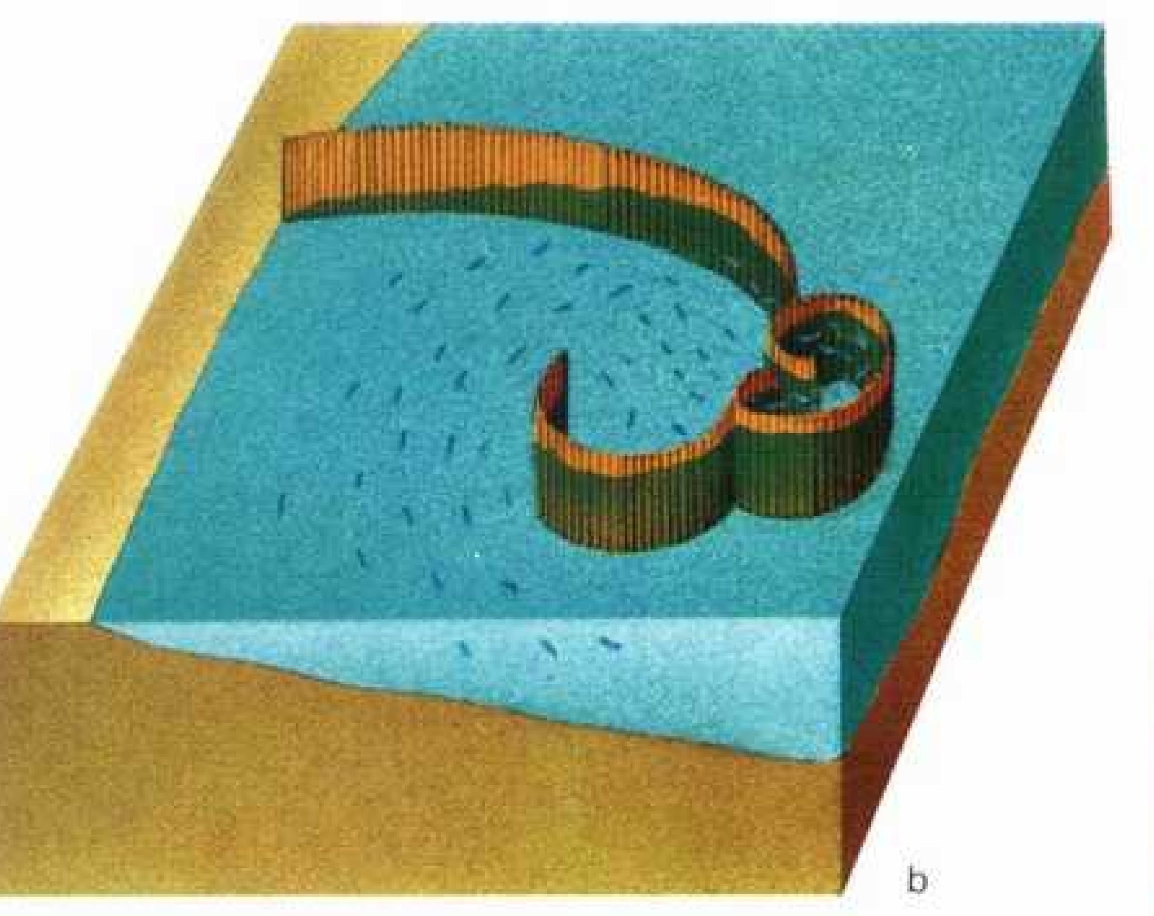


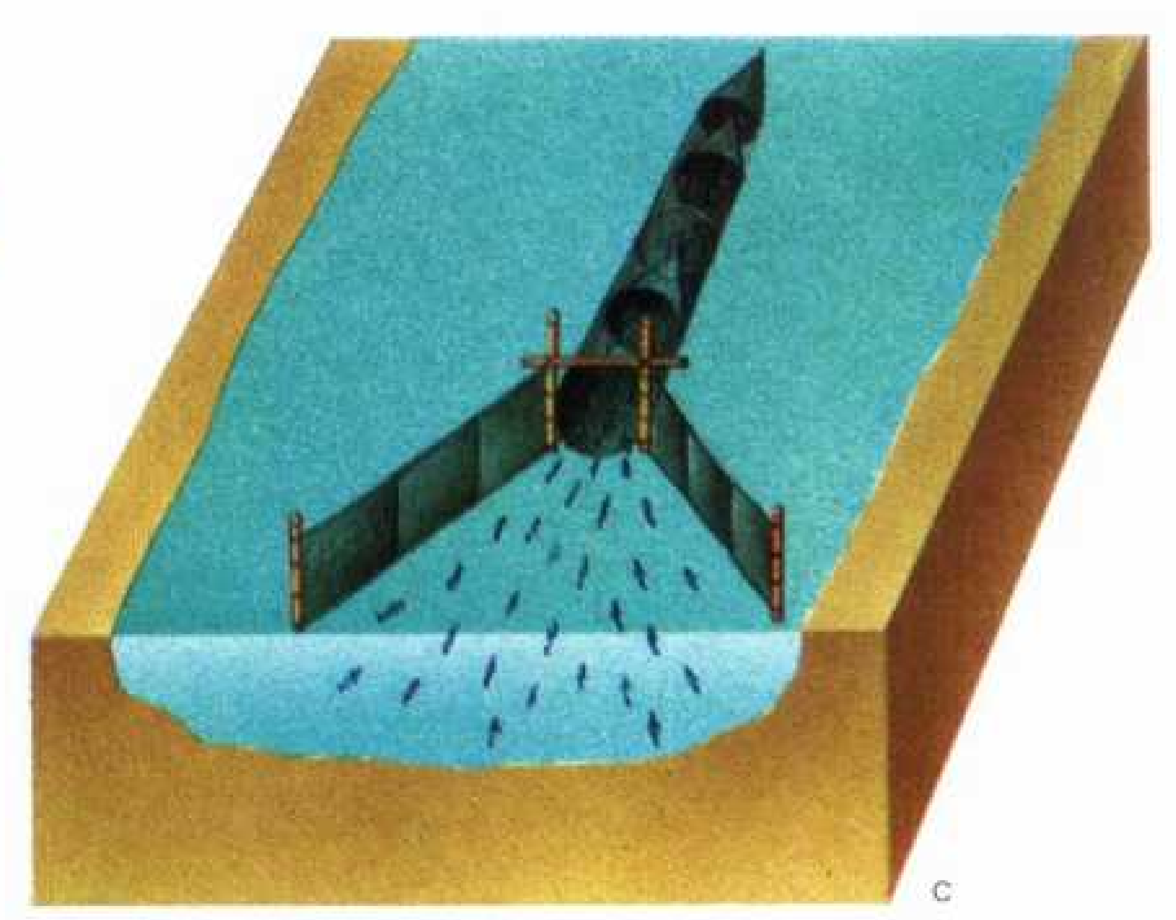
1

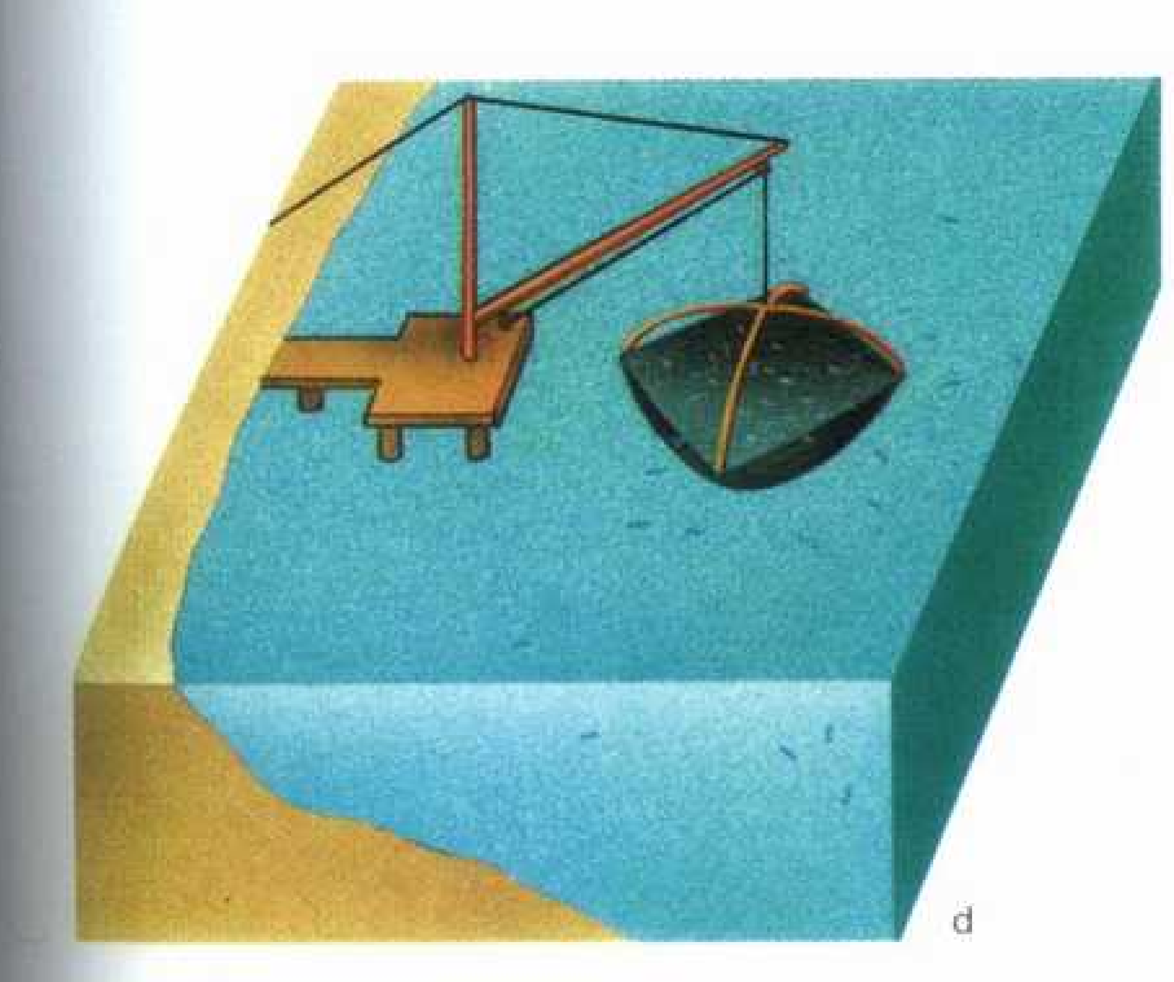


2

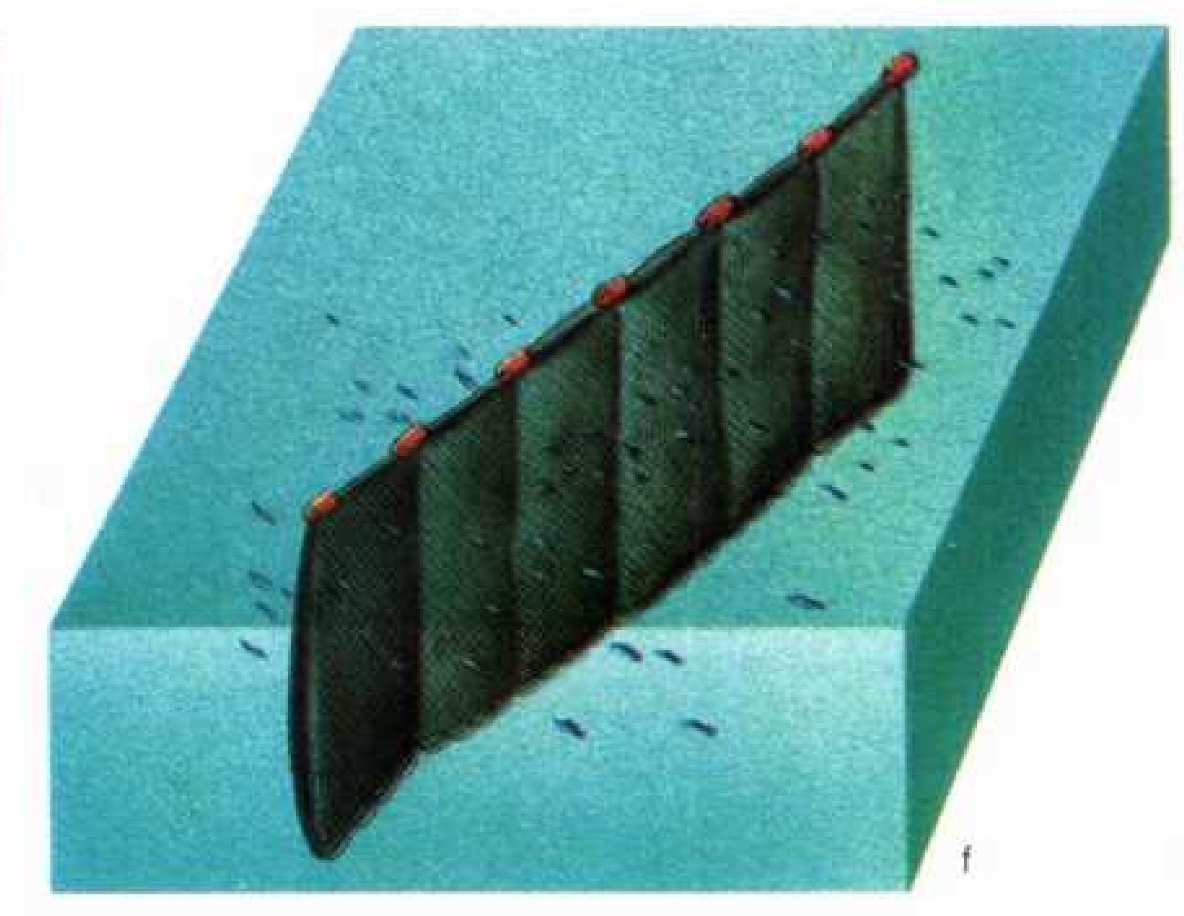




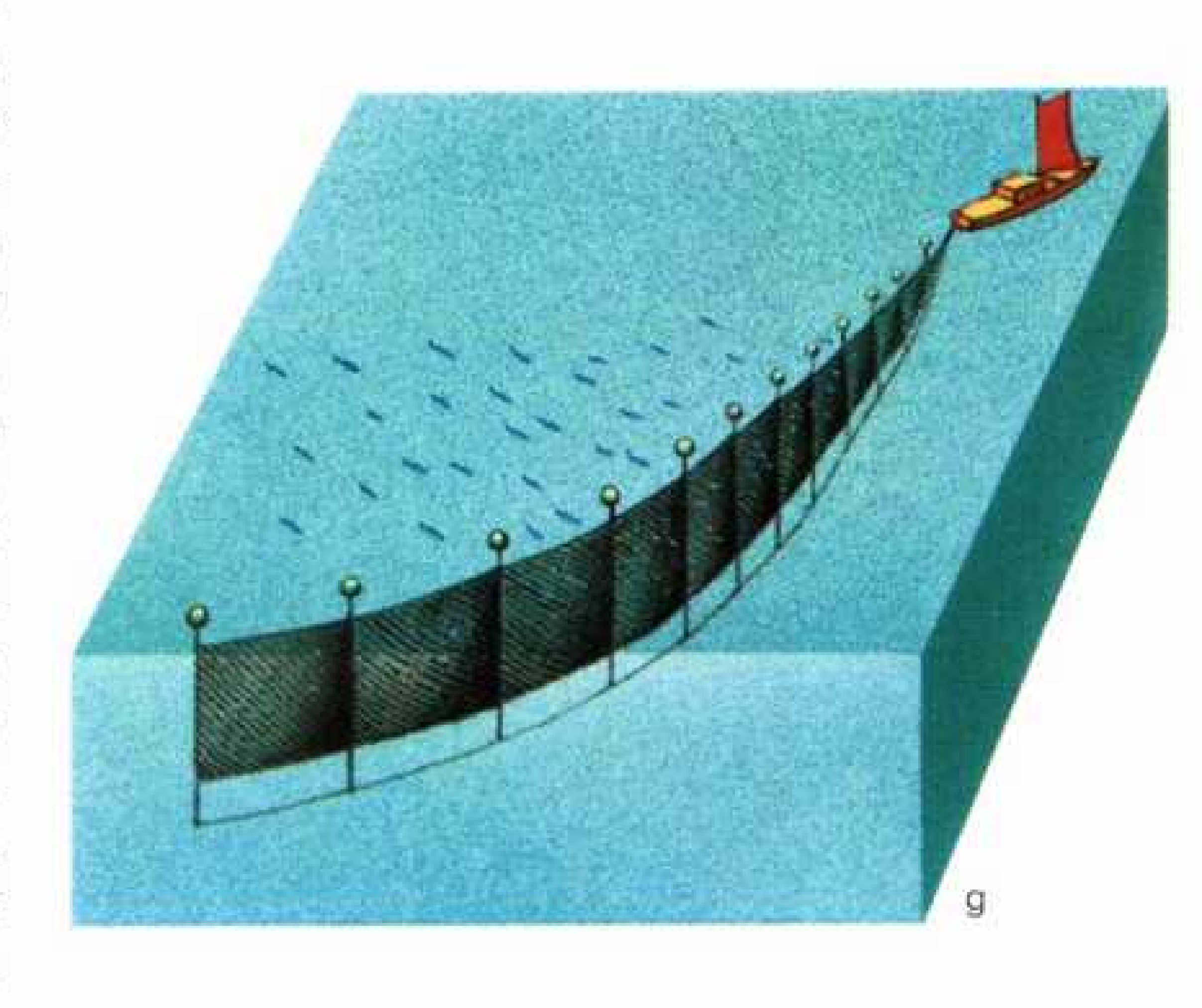


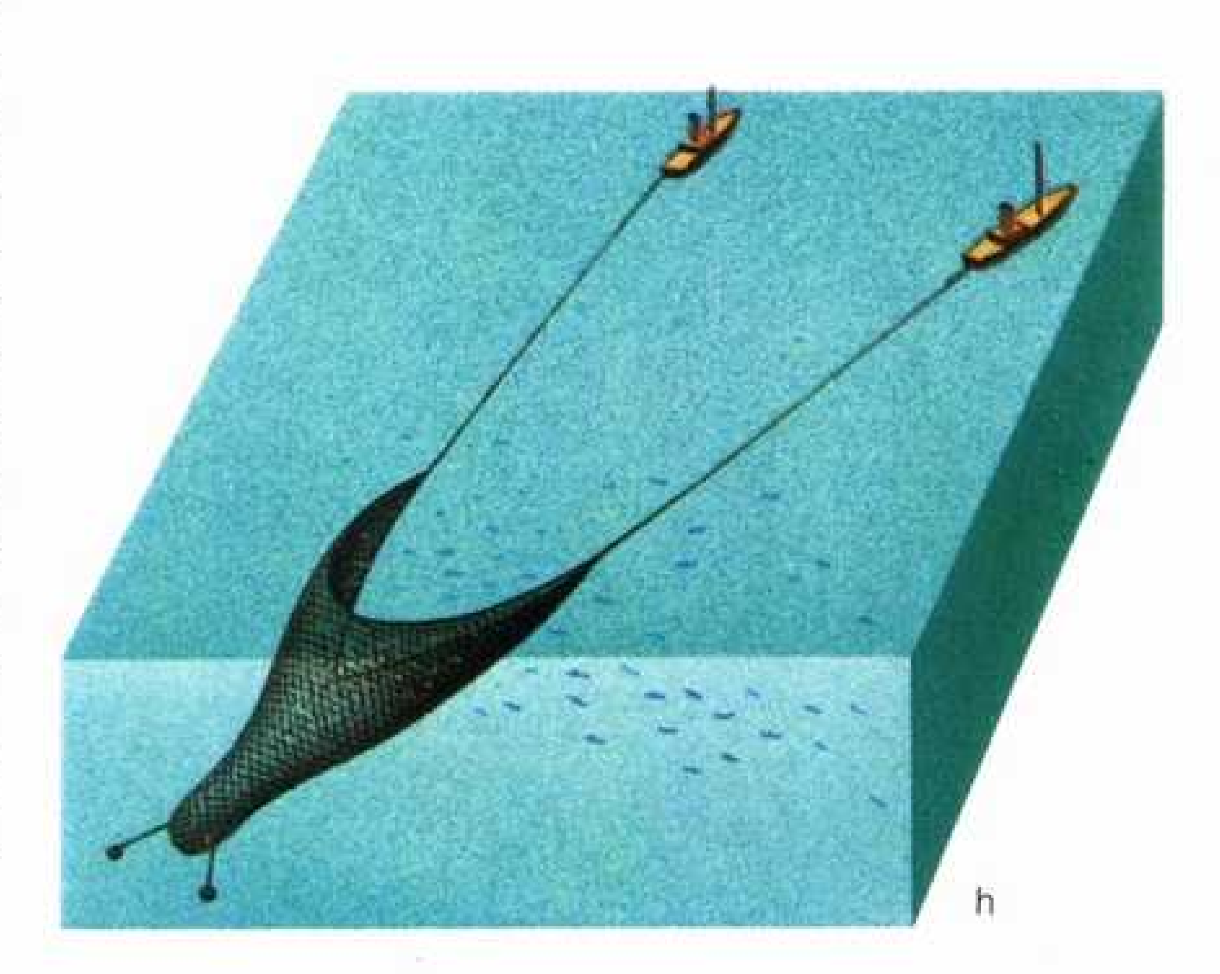






Las redes. Existen muchos tipos de redes adaptadas a la captura de diferentes peces. Los pequeños bancos de estos animales que acostumbran a acercarse a las costas pueden ser capturados gracias a un artilugio provisto de un entrante central, llamado red de a pie (a). Los peces que se desplazan paralelamente a la costa son llevados por una red especial hacia un callejón sin salida (b). La red de parada está constituida por dos paneles que sirven para ojear a los peces hacia una serie de nasas (c). Las redes horizontales, cuadradas, rectangulares o circulares, se utilizan para pescar a las especies que suben a la superficie (d). El esparavel tiene la forma de una gran sombrilla, con bordes exteriores provistos de plomos (e). El trasmallo es la red principal de colocación: situada a menudo al anochecer, se recoge al amanecer: se dispone atravesando una corriente o una ruta de migración de los peces (f). Algunas redes de colocación se echan en mar abierto mediante barcos, en las corrientes que se señalan con boyas; algunas son lastradas y ancladas, para que no deriven; otras, por el contrario, son flotantes (g). Las redes de arrastre tienen forma de grandes sacos; son arrastrados a veces por dos barcos, pero más a menudo los echa y recoge un solo barco (h). Otras técnicas consisten, por ejemplo, en echar una red con un barco, y luego darle la forma de un círculo, en el que los peces quedan atrapados (página de la izquierda, 1). Una mejora de este método consiste en colocar un cabo en el reborde inferior de la red, lo que permite cerrarla por abajo en el momento de la recogida; su eficacia es, pues, total, ya que ni un solo pez puede escapar (2)

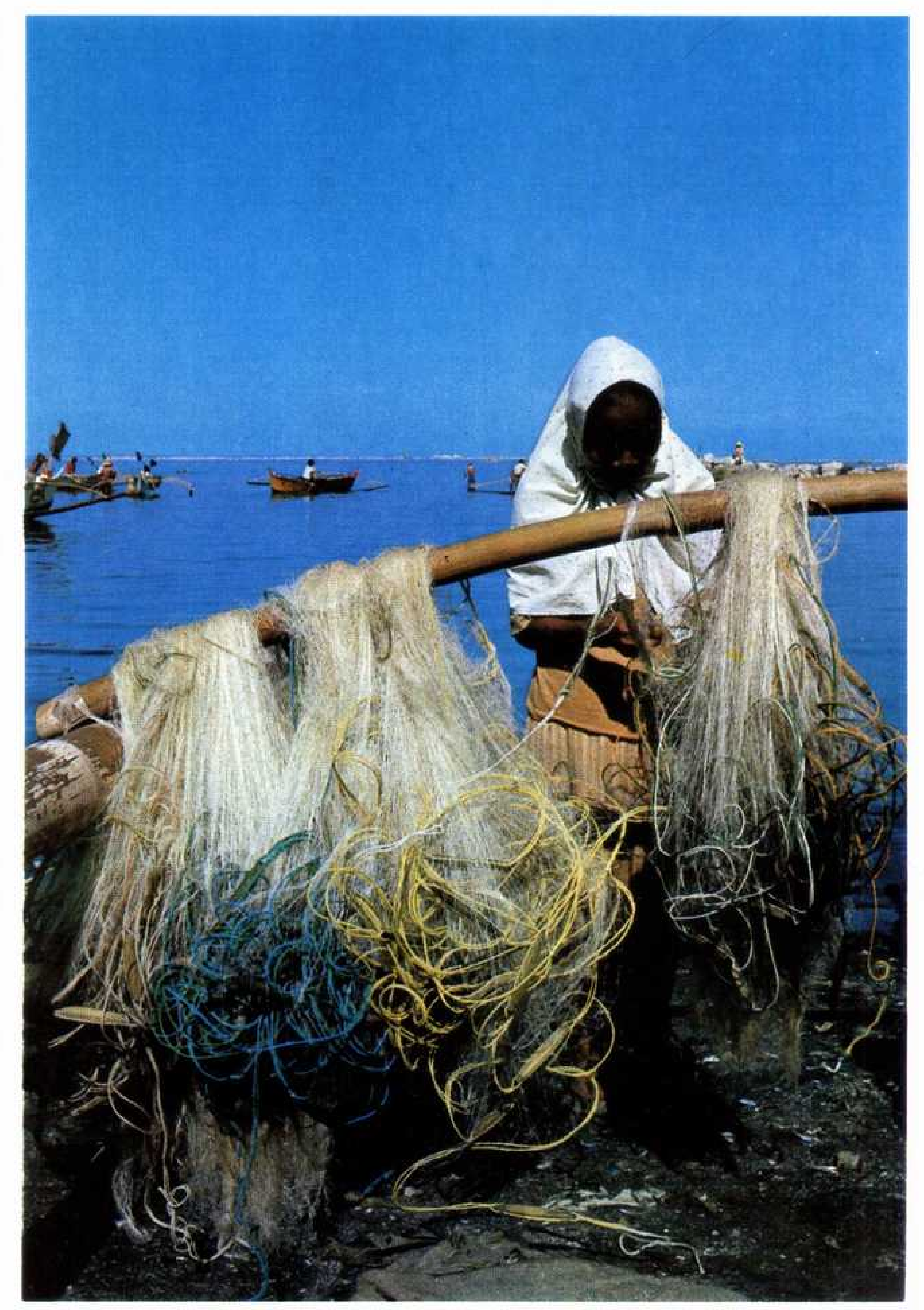


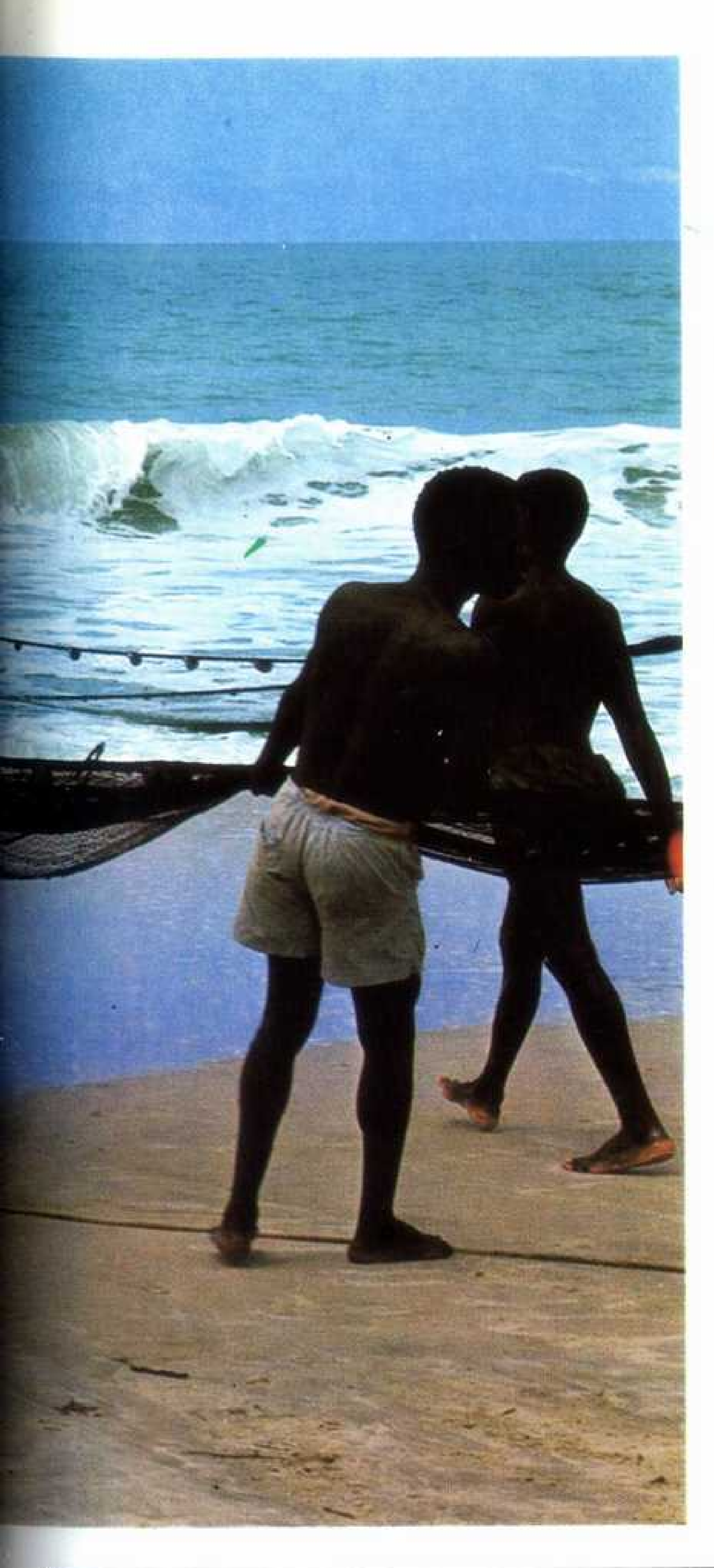


cluso señuelos (fragmentos de plumas o metales brillantes). Se capturan con caña, además de las especies de río y de los pecillos, muchos peces marinos de gran tamaño: salmones, bacalaos, caballas, atunes, etc. La técnica actual se beneficia de todas las tecnologías imaginables: cañas en fibra de vidrio, hilos de nailon... ¡Se ha llegado incluso a adaptar a los carretes motores eléctricos! Los palangres de pesca industrial van provistos de un gran número de anzuelos; a veces, centenares. Las nasas permiten capturar en principio cualquier animal: basta con cebarlos inteligentemente. En la práctica se emplean sobre todo para atrapar grandes crustáceos: nécoras, bogavantes, langostas. Las redes fijas, con las que se obtienen muchos peces, pueden compararse a las nasas. En este caso, el animal va hacia la trampa no por atracción alimentaria, sino empujado por otro estímulo; por ejemplo, por el instinto migrador que le obliga a remontar un río. Como ha de ser, cada especie tiene la nasa o la trampa que le corresponde. Existe, sin embargo, una enorme diferencia de escala entre el pescador artesanal, que coloca algunas nasas para langosta, y la «supernasa» puesta a punto por los japoneses para la captura de los cangrejos reales del mar de Bering; este aparato conlleva al menos 128 nasas unitarias adosadas las unas a las otras, y mide en total 3.200 metros de longitud. Las redes son trampas que inicialmente

no se ceban. Pero ocurre a menudo que los pescadores atraen hacia estos artilugios a los animales marinos que buscan. Lo hacen tirando al mar trozos de comida, o saliendo de noche y encendiendo luces (pesca al linternón); de manera general, las redes pueden dividirse en tres categorías: de confinamiento, de posición y de arrastre.

Las redes de confinamiento sirven casi siempre para capturar a los peces que nadan cerca de la superficie. El ejemplo típico es el esparavel, que los pescadores entrenados lanzan con mucha precisión desde sus embarcaciones o desde la costa. La red, cuadrada o redonda, está unida a una cuerda que el hombre agarra y que le permite recoger sus capturas. Las redes de confinamiento pueden ser de gran tamaño. Así ocurre con el buitrón, del que existen numerosos modelos. Los buitrones giratorios son los más eficaces: permiten rodear a las presas dejándoles pocas probabilidades de encontrar una salida. Muchos tipos de redes de confinamiento deben ser aparejados no sólo por un barco o equipo de pesca, sino por dos. Se captura así a las especies que viven en bancos apretados; por ejemplo, los salmones (en la época en que se presentan en los estuarios para remontar los ríos), los arenques, las anchoas de Noruega,





las sardinas, las caballas y otras especies. Las redes de colocación se asemejan a las nasas. Para ser eficaces han de ser ubicadas en lugares «estratégicos», allí donde los animales que queremos capturar son susceptibles de transitar por una razón o por otra. En los ríos como en el mar, las especies tienen itinerarios favoritos que dependen de las corrientes, de los lugares de alimentación, etc.
Entre las redes de colocación, las más usadas (aparte de la simple red banda, que se coloca atravesando una corriente), hay que mencionar especialmente al trasmallo. Se trata de un aparejo de grandes dimensiones (a veces un centenar de metros) atado por un extremo a la costa, y compuesto de tres compartimientos sucesivos.

Las redes y las nasas. *Todavía hoy, en cualquier región del mundo, podemos asistir a escenas de pesca que parecen de otra época. Al lado, en el golfo de Guinea, los hombres sacan a fuerza de brazos la gran red que habían echado. Abajo, a la izquierda: el secado y cuidado de las redes en las Filipinas. Las nasas se emplean más particularmente para capturar crustáceos (bogavantes y langostas). Las hay de mil formas diferentes; todas funcionan según el mismo principio: tienen una entrada relativamente ancha que se va estrechando. El animal que entra por ella acaba en una cámara en la que nunca encontrará la salida.*

Las redes de arrastre son las que se pasean mediante barco por las zonas ricas; si es posible, por los grandes bancos. Son también muy diferentes según la especie de pez escogida, el lugar de pesca, etc. Las redes barrederas son las más potentes. Sumergidas y recogidas con motores, las mayores permiten capturar de una sola vez varias toneladas de pescado. La forma y las dimensiones de estos ingenios es variable, pero todos ellos se caracterizan por su efecto destructor. Mientras que los palangres, las nasas, las redes de confinamiento y las redes de colocación permiten escoger en cierta medida las especies que se quieren capturar, y salvaguardar las otras, los arrastreros no hacen diferencias. Desde luego se juega con la anchura de las mallas, y existen reglamentos internacionales a este respecto; pero no siempre son respetados.
Las redes barrederas que se arrastran por el fondo provocan todavía más daños que las otras. Destrozan los sedimentos, remueven el bentos, matan los huevos, las larvas y los jóvenes, y destruyen las praderas de algas o de posidonias que son las «guarderías naturales» de un gran número de especies. El arrastre en fondos de escasa profundidad es un arte de pesca que debería estar prohibido, pero que desgraciadamente sigue siendo empleado, al igual que otro brutal y devastador método de captura, la pesca con dinamita.

La recogida de moluscos

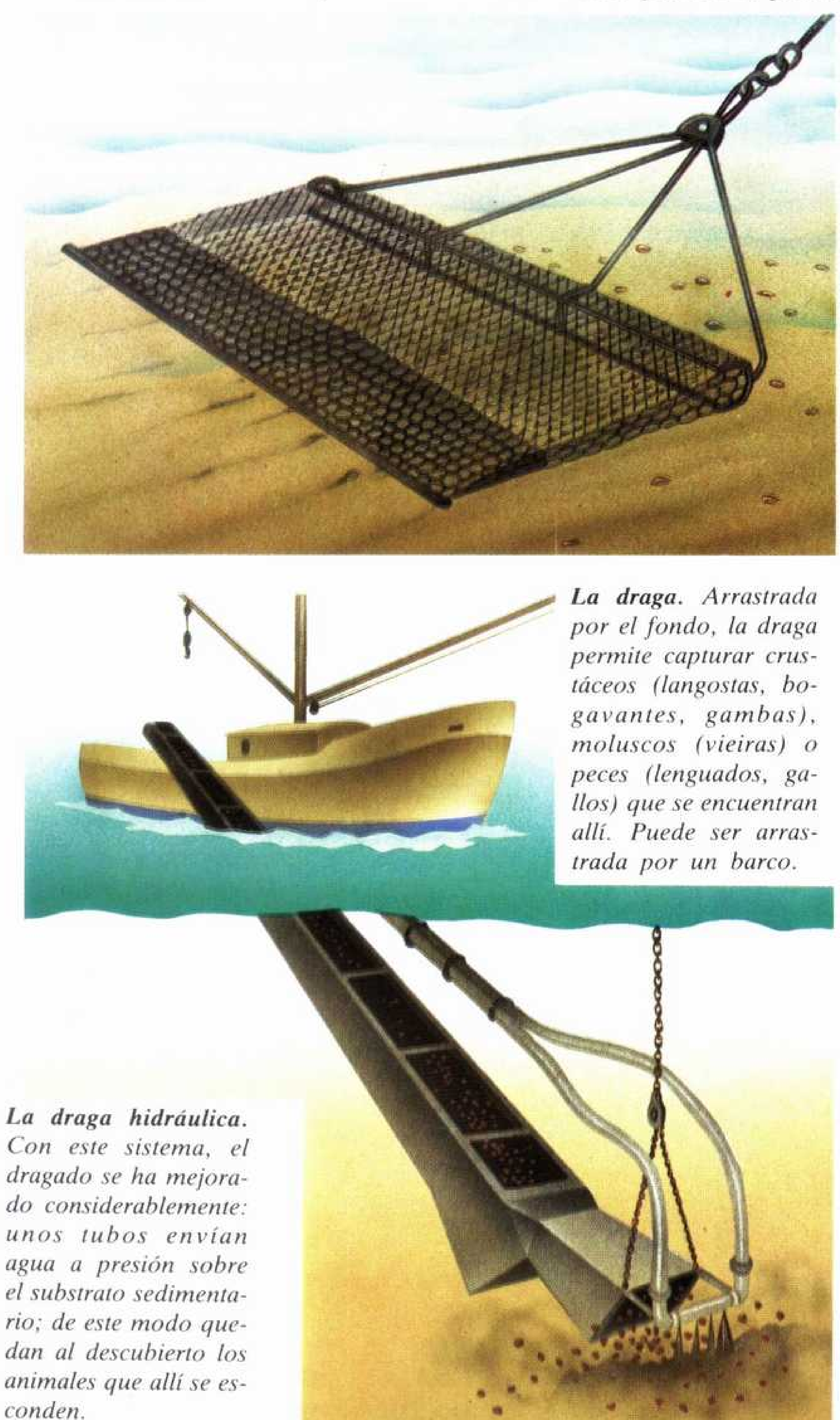
De todos los grandes grupos de invertebrados, los moluscos son sin duda los mejor conocidos por el público, ya que muchas personas los buscan en las rocas o en la arena durante la marea baja. El tronco de los moluscos comprende de hecho formas muy diferentes.

Las ostras, muy apreciadas por los consumidores, son rara vez objeto de una recogida natural en las rocas de la costa. La gran mayoría son cultivadas. La ostricultura es una actividad milenaria, ya conocida por los antiguos romanos y chinos, que da trabajo en la actualidad a mucha gente, y cuya cifra de negocio se expresa en cantidades importantes.

Las ostras representan aproximadamente el 25 por 100 del tonelaje de los moluscos capturados y consumidos por el hombre. Varias especies de estos bivalvos han sido domesticadas. Algunas, demasiado sensibles a las epidemias bacterianas o víricas, han visto sus bancos esquilmados. La especie *Crassostrea gigas* representa hoy día la mitad de las ostras cultivadas en el mundo. La ostricultura está desarrollada en especial en Europa, Estados Unidos Canadá, Japón, Filipinas y Australia.

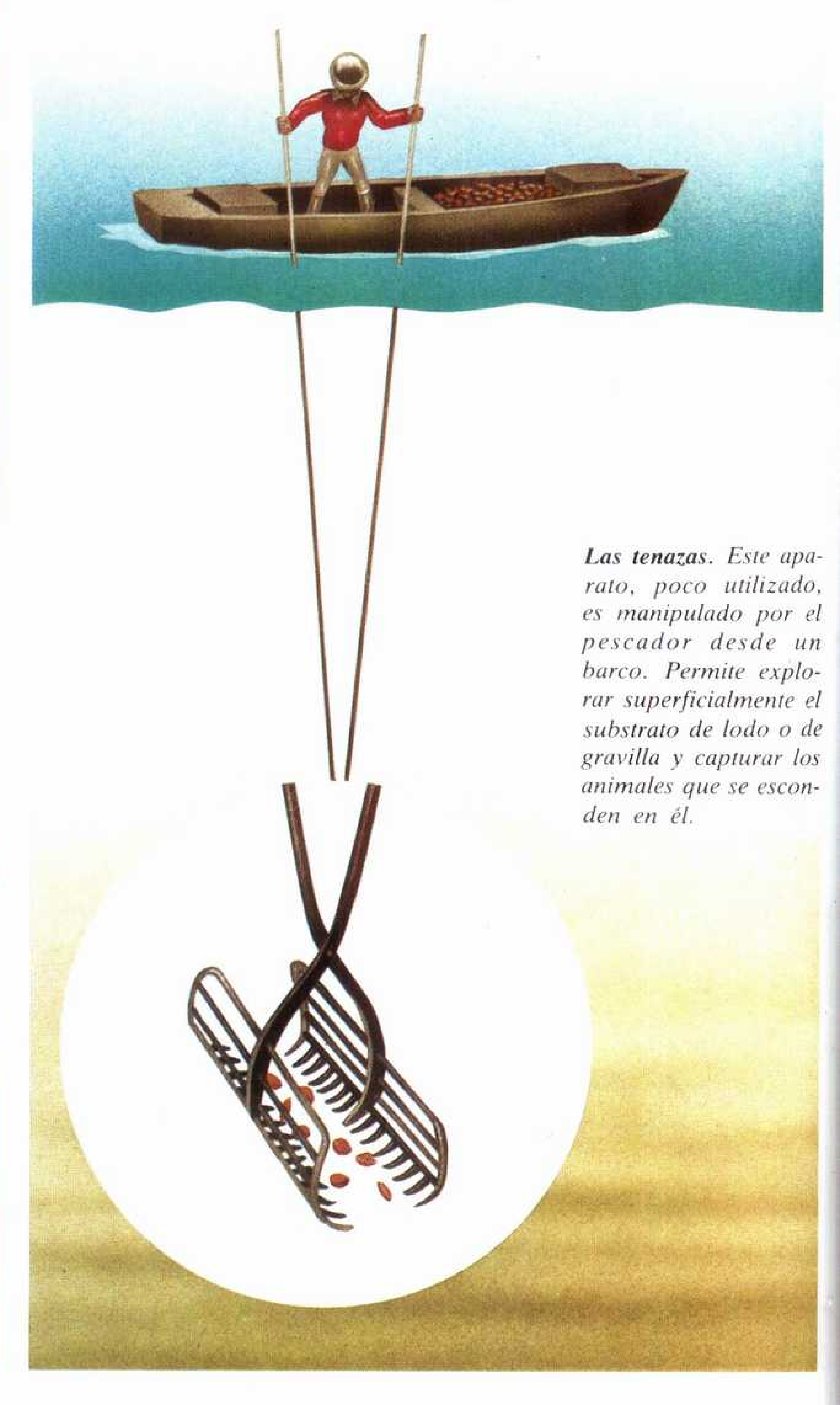
La ostricultura se enfrenta a muchos problemas, que los especialistas han ido resolviendo paulatinamente. Uno de los que se plantea desde hace más tiempo, y con una mayor gravedad, es el de la cosecha de la semilla. Las ostras emiten al agua cantidades ingentes de huevos fecundados, la mayoría de los cuales no alcanza ni la fase de eclosión. Las larvas planctónicas que sobreviven a los depredadores buscan, en un momento dado de su crecimiento, un soporte en el que fijarse, para poder transformarse en jóvenes ostras y desarrollar una concha. Es en este estadio cuando los ostricultores empiezan a criar realmente a los animales. Para atraer a las larvas dispuestas a fijarse se han puesto a punto varias técnicas. Los japoneses las incitan a posarse sobre trozos de viejas conchas pegadas a telas metálicas. Los franceses colocan montones de ramas en la zona intercotidal. Los australianos utilizan series de bastoncillos que clavan en el fondo. En la actualidad, las principales investigaciones de varios países van encaminadas a intentar controlar realmente la producción de huevos, la eclosión de las larvas y la fijación de la semilla. Estos trabajos todavía no han dado auténtico resultado.

La ostricultura es aún una actividad de los países ricos. Pero nada impide su desarrollo en los países pobres. Requiere una inversión relativamente modesta. En la medida en que las ostras son animales que se alimentan mediante la filtración, y que están situadas muy abajo en la pirámide alimentaria, no es absurdo pensar que su cultivo adquiera rápidamente importancia en los países que padecen malnutrición. La ostra no debería ser consi-



La draga. *Arrastrada por el fondo, la draga permite capturar crustáceos (langostas, bogavantes, gambas), moluscos (vieiras) o peces (lenguados, gallos) que se encuentran allí. Puede ser arrastrada por un barco.*

La draga hidráulica. *Con este sistema, el dragado se ha mejorado considerablemente: unos tubos envían agua a presión sobre el substrato sedimentario; de este modo quedan al descubierto los animales que allí se esconden.*



Las tenazas. *Este aparato, poco utilizado, es manipulado por el pescador desde un barco. Permite explorar superficialmente el substrato de lodo o de gravilla y capturar los animales que se esconden en él.*





derada únicamente un manjar de los gastrónomos de las regiones ricas del globo; habría que pensar en ella para resolver el problema del déficit proteínico de las naciones desfavorecidas.

Lo que acabamos de decir resulta todavía más cierto para el mejillón, que es un animal más «rústico», más resistente, menos exigente que la ostra. Numerosas especies del género *Mytilus* son recolectadas en todo el mundo, desde los tiempos más remotos, incluso por los pueblos primitivos. Así, los fueguinos de las islas de Chile vivían principalmente gracias a estos animales.

Los mejillones pueblan todas las regiones costeras del mundo. Algunos son diminutos, pero también los hay enormes, como el choro de América del Sur, cuya concha alcanza los 20 centímetros de longitud. Estos animales viven sobre las rocas batidas por las olas, en grupos apretados. La cría de mejillones, al igual que la ostricultura, se remonta a épocas remotas. En Francia y en Italia se practica todavía frecuentemente el sistema denominado *bouchot* para criar mejillones; se trata de estacas clavadas en las playas limosas y unidas a menudo por tela metálica, sobre las que se fija y se desarrolla la semilla.

Las vieiras o veneras constituyen también un manjar muy apreciado; se las pesca con dragas sobre los fondos arenosos. Abundan en el Atlántico norte (Bretaña, islas Británicas), en el Pacífico norte (Japón, Alaska) y probablemente también en el Atlántico sur. La producción mundial de estos bivalvos es actualmente del orden de las 175.000 toneladas.

Las otras conchas (almejas, chirlas, etc.), aunque menos codiciadas, son abundantemente recolectadas; se estima que la recogida anual de estos animales ronda las 500.000 toneladas. El método de captura



de estas especies plantea problemas ecológicos. Cuando son dragados mecánicamente los fondos en los que viven, el paso del aparato de recogida provoca una grave degradación del substrato.

Entre los gasterópodos, los más regularmente consumidos son, además de los bígaros, los estrombos (que alcanzan a veces grandes dimensiones), y sobre todo las orejas de mar. Estos animales constituyen la base de una floreciente industria en varios países del mundo, especialmente en California.

Los cefalópodos tienen una importancia económica mucho mayor de la que se piensa generalmente. El pulpo *(Octopus vulgaris)* es desde siempre un manjar para los pueblos mediterráneos.

Para capturarlos, los pescadores se limitan a sumergir pequeñas vasijas atadas a una cuerda. La crisis de alojamiento es tal en el mundo de los pulpos, que se precipitan a ocupar lo que consideran refugios providenciales, y son capturados de esta forma. Los pescadores los matan tradicionalmente de un mordisco en la base de la cabeza. Las sepias *(Sepia officinalis)* viven en agua libre sobre fondos de arena o limo. Se las captura con nasas o trasmallos. Los calamares *(Loligo vulgaris, Loligo opalescens)* son objeto de una pesca intensiva especialmente en las aguas del Pacífico norte y alrededor de Terranova. Los japoneses han inventado en los últimos tiempos una «bomba para calamares» terriblemente eficaz. Se basa en el hecho de que, en la época de la reproducción, los calamares se abalanzan sobre sus compañeros del sexo opuesto para copular. Un palangre que gira ininterrumpidamente y que está provisto de numerosos señuelos se sumerge en el mar, y sube cubierto de estos moluscos, que caen a la bodega del pesquero.

La pesca de los crustáceos

AUNQUE existen en el mar miles de especies de crustáceos, la explotación comercial de estos animales no está muy desarrollada. Tan sólo algunas de estas especies son objeto de una captura sistemática: cangrejos, bogavantes, langostas, gambas, langostinos (y, en menor grado, centollos y cámbaros) constituyen lo esencial es esta pesca. Las gambas son las más importantes. No sólo existen en los fondos de arena y de lodo, donde son capturadas con sacaderas por los aficionados, sino que las hay también en la región pelágica, en los estuarios, e incluso en las aguas dulces. Todas las especies no gozan de la misma reputación entre los gastrónomos, ni poseen el mismo valor comercial.

Sin embargo, tenemos la certeza de que existen en los mares tropicales y polares especies que no son conocidas por los consumidores y que merecerían ser explotadas.

A nivel mundial, el total anual de capturas de gambas se acerca a las 600.000 toneladas, es decir, un 1 por 100 del total de la pesca, incluyendo a todos los animales marinos. Estos animales son sin duda los más interesantes que existen en el mar. De sabor agradable, ricos en proteínas, están además bastante abajo en la pirámide alimentaria oceánica, y su biomasa total es considerable. Esta consideración no significa, evidentemente, que podamos explotar sin ninguna restricción los *stocks* naturales. Nunca existirá especie alguna marina o terrestre que sea inagotable.

El trabajo de los científicos en este campo consistirá en establecer, para cada tipo de animal, un tonelaje máximo anual de captura que no reduzca en ningún caso el capital de partida, sino que permita cosechar los excedentes. Es lo que se llama, con una expresión un poco bárbara, el «rendimiento máximo soportable» (R.M.S.).

Los tres principales géneros de gambas explotados actualmente son: *Crangon* (la especie *Crangon crangon* es común en los mares templados), *Palaemon* (el género más distribuido por las aguas cálidas) y *Leander*.

La importancia de la demanda hace que, en un gran número de países (al menos una veintena), la industria de la gamba no sea nada desdeñable desde el punto de vista económico. Se arman barcos exclusivamente para capturar estos animales. Estados Unidos es, con diferencia, el primer productor de gambas del mundo. Explota estos crustáceos en todas sus costas, pero sobre todo en las del golfo de México. Las numerosas lagunas de Texas, sobre todo la laguna Madre, en el extremo de la cual está edificado el puerto de Corpus Christi, son especialmente adecuadas para el crecimiento de las gambas. Los pescadores recogen estos animales con barcos de madera de 20 a 30 metros de longitud, dotados de motores de unos 200 caballos.



Estas embarcaciones arrastran en general dos redes de 15 metros de largo y de tres a cuatro metros de boca. Los pescadores de gambas de Texas están dotados de equipamiento moderno, en especial de precisas ecosondas, gracias a las cuales los tripulantes tienen permanentemente una imagen del fondo que van a dragar. En la actualidad, los especialistas están poniendo a punto nuevos métodos para atraer a las gambas hacia las redes: han observado que son particularmente sensibles a ciertos impulsos eléctricos. Por otra parte, los métodos de tratamiento (pelado industrial) y de conservación (congelación, etc.) empleados por los americanos están a punto de generalizarse en todo el mundo.

Cangrejos, langostas, langostinos, bogavantes, centollos, constituyen otros tantos manjares, cuyo precio en los mercados o en los restaurantes es a menudo... prohibitivo! Este valor comercial incita evidentemente a los pescadores a buscarlos. El bogavante americano *(Homarus americanus)* vive en las costas occidentales del Atlántico norte, de Carolina del Sur al Labrador. Su congénere el bogavante europeo *(Homarus gammarus)*, un poco más pequeño, vive de Noruega al norte de Africa. Se le encuentra a veces en el Mediterráneo. El langostino, llamado por los científicos *Nephrops norvegicus*, habita en todo el Atlántico norte, y también en el océano Indico y en el noroeste del Pacífico.

Los bogavantes y los langostinos son capturados sobre todo con trampas (en nasas). Se les atrae por lo general con un cebo de carne, ya que son habitualmente necrófagos. Algunas nasas están equipadas para pescar bogavantes al arrastre en la plataforma continental, a profundidades superiores a los 200 metros. Los animales que viven bajo tal capa de agua tie-



Lor ricos crustáceos... Las gambas, los langostinos, los bogavantes, las langostas, las nécoras y los cangrejos se encuentran entre los mariscos más afamados. Estos animales son objeto de una activa pesca, tanto artesanal como industrial. Página de la izquierda: descargando la pesca de gambas de Taiwan. Arriba: un esquema de las redes para gambas utilizadas en Filipinas. A la izquierda: dos aspectos de la pesca de la langosta en las Bahamas y en la isla Mujeres, cerca de Yucatán (abajo).

nen un crecimiento muy lento, y no alcanzan la madurez sexual antes de cinco a ocho años.

Las langostas se diferencian de los bogavantes por el hecho de que sólo tienen pequeñas pinzas. Su principal defensa está constituida por sus largas antenas en forma de látigo, y por su rostro, muy puntiagudo. Se las divide en tres géneros: *Palinurus*, la langosta europea; *Panuliris*, su homólogo de las costas americanas, y *Janus*. Las langostas, al igual que los bogavantes, son capturadas mediante trampas. Pero las langostas migradoras *Panuliris* de las Bahamas y de las islas cercanas al Yucatán son pescadas con redes y horquillas en la época en que emprenden la marcha en largas filas.

Muchos cangrejos son comestibles. Uno de los más apreciados es el buey *(Cancer pagurus)*, cuyo caparazón puede medir 20 centímetros de diámetro, y que vive en las costas de Europa septentrional. El centollo *(Maia)* tiene también mucha reputación, al igual que el cangrejo *Cancer magister* y el cangrejo real *(Paralithoides ramchatica)*.

Este último es el mayor de todos los crustáceos: algunos ejemplares tienen una envergadura de más de tres metros. Viven en el Pacífico Norte, desde el Japón hasta el sur de Alaska, pasando por Kamchatka y las islas Aleutianas.

Las nasas utilizadas para capturar a estos sorprendentes animales son extremadamente resistentes y pesan unos 400 kilogramos; se ceban por lo general con trozos de arenque.

Los hombres no son los únicos en apreciar la carne de estos crustáceos, objeto actualmente de una pesca intensiva. Constituyen un manjar también para las nutrias marinas. Los capturan buceando, y rompen su duro caparazón utilizando como instrumento una piedra.

Las riquezas de la costa

Aunque no sean directamente fuentes de proteínas alimentarias para el hombre, numerosas especies típicas de los fondos costeros tienen una real importancia económica. Encontramos plantas y animales de estas características en un gran número de *phila;* rodofíceas (algas rojas), feofíceas (algas pardas), clorofíceas (algas verdes), esponjas, celentéreos, anélidos, equinodermos, urocordados.

La pesca y la industria de las esponjas fue floreciente en algunas costas, pero su actividad ha disminuido mucho desde la segunda guerra mundial, es decir, desde la aparición de las esponjas sintéticas. La producción anual de esponjas marinas era de 1.500 toneladas en 1938; diez años más tarde era sólo un tercio de esta cifra, y hoy la búsqueda de esponjas naturales es una actividad marginal.

En 1966, la producción total mundial fue de 200 toneladas. Tunicia era el país que encabezaba la lista de pescadores de esponjas, seguida por España. En el Mediterráneo, Libia, Grecia y Chipre practican también la búsqueda de las esponjas. Antes de la segunda guerra mundial, una de las grandes regiones productoras era el golfo de México. Las esponjas de esta región marina no sufrieron sólo la competencia de las sintéticas. Fueron diezmadas por enfermedades, hasta el punto que la esponja más buscada (la esponja aterciopelada) casi ha desaparecido; únicamente se la encuentra en algunas zonas de Florida. El principal agente de la devastadora epidemia parece haber sido un hongo parásito, *Spangiophaga communis,* que se propaga rápidamente por las colonias.

La pesca de las esponjas no era nada fácil. Los hombres que la practicaban eran buceadores fuera de serie, capaces de aguantar muchos minutos bajo el agua. Pero estos valerosos individuos se agotaban bajando de esta forma, a veces 10 ó 15 veces por día, a profundidades de 30 ó 40 metros. Tenían dolores en las articulaciones, y a menudo graves problemas cardiorrespiratorios.

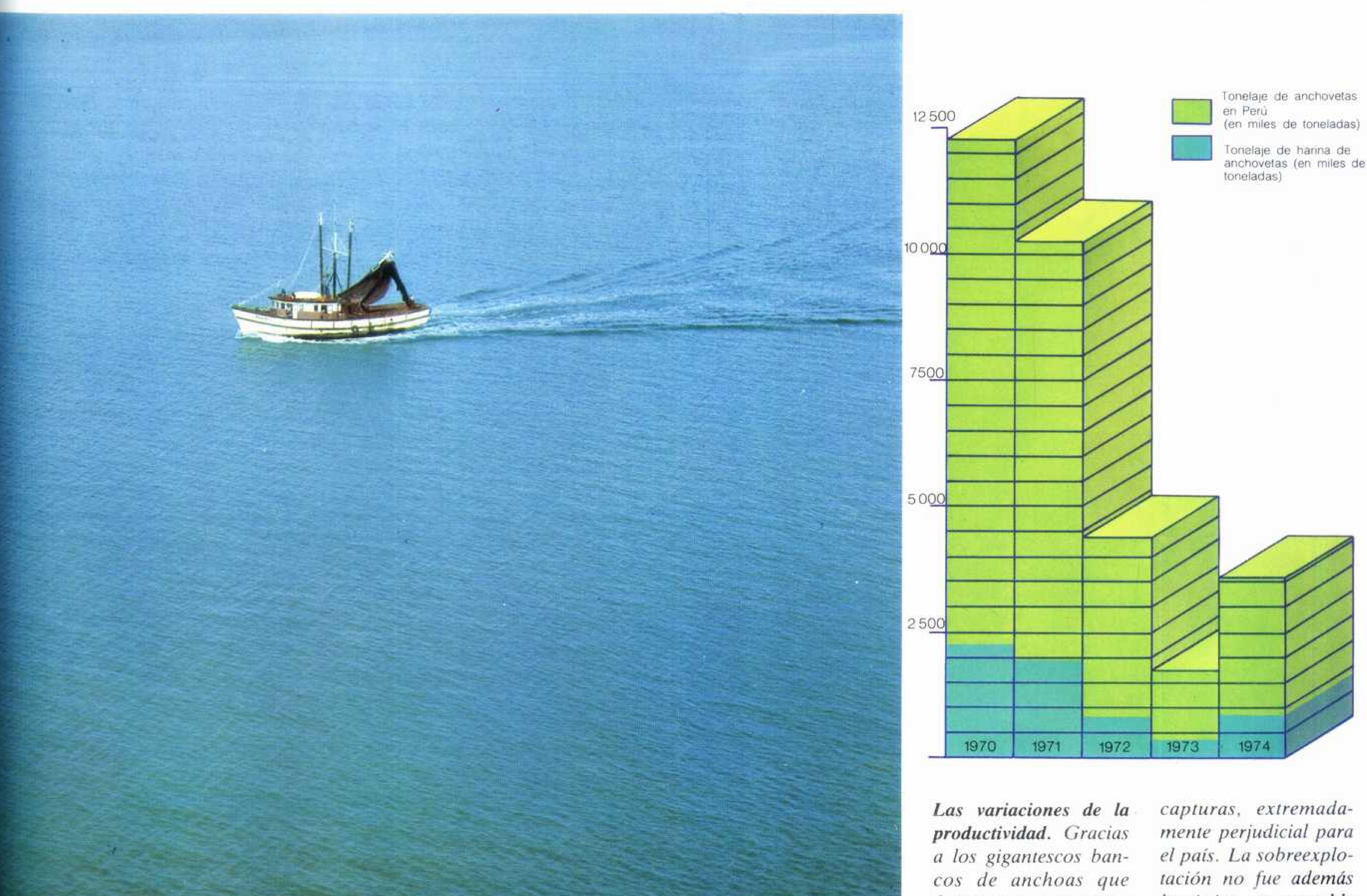
Escasean los celentéreos comestibles por el hombre. Aun más, casi todos son tóxicos, debido al veneno de las células urticantes (cnidoblastos) de sus tentáculos. Sin embargo, la medusa *Rhopilema esculenta* es consumida por los japoneses con el nombre de *kurage*. Pescada en el mar interior del país, es objeto de una preparación especial: su umbrela se conserva en salmuera; justo antes de ser comida, se la corta en laminillas y es servida con vinagre y hierbas aromáticas. Este plato exquisito y crujiente no tiene, sin embargo, mucho valor nutritivo, ya que las medusas están compuestas en más de un 90 por 100 de agua. En algunas regiones de Francia, en Japón y en ciertas islas del Pacífico, se comen asimismo las anémonas, fritas en aceite. No obstante, los celentéreos más buscados por el hombre no lo son por motivos alimentarios; se trata de los corales de joyería, y sobre todo del coral rojo, *Corallium rubrum*. Crece en el Mediterráneo, a profundidades de 80 a 120 metros, así como alrededor de las islas de Cabo Verde. El coral negro y el coral blanco son menos valiosos.

Los anélidos se utilizan menos en la alimentación humana que la mayoría de los demás grupos de animales. Sin embargo, existe una especie entre los poliquetos errantes, *Eurice viridis,* que la gente come gustosamente en el Sudeste Asiático, en las islas Gisbert y en las Samoa. Durante algunas épocas concretas del año, relacionadas con las fases de la Luna, estos anélidos poliquetos se reúnen mar adentro para reproducirse. Sus órganos sexuales se separan y suben a la superficie a millones. Los indígenas recogen estos gusanillos blancuzcos que consideran un manjar y que llaman *palolo*.

En el *phylum* de los equinodermos, los erizos constituyen una clase diferenciada

Las aguas ricas en peces. *La gran mayoría (95 por 100) de las capturas de pescado tienen lugar en las aguas cercanas a los continentes, en la plataforma continental. Es allí donde abunda más el plancton vegetal, al tener luz y materias minerales para desarrollarse. Las regiones más ricas en peces son aquellas en las que se encuentran dos corrientes o se producen ascensiones de aguas profundas frías, muy mineralizadas. Estas zonas existen en las cercanías del Japón, donde la pesca tradicional (abajo) coexiste con la pesca industrial ultramoderna. La zona con mayor abundancia de peces está situada en el Pacífico, a lo largo de las costas de Perú y Ecuador. Foto de la derecha: un pequeño arrastrero ecuatoriano.*





Las variaciones de la productividad. *Gracias a los gigantescos bancos de anchoas que frecuentan sus aguas costeras, Perú se convirtió, al principio de los años setenta, en la primera potencia pesquera del mundo. Las anchovetas han sido capturadas por miles de toneladas, sin que nadie se planteara realmente las posibilidades de regeneración de los bancos explotados. De ello resultó una sobreexplotación, y posteriormente una caída brutal de las capturas, extremadamente perjudicial para el país. La sobreexplotación no fue además la única responsable de una catástrofe ecológica y económica. La corriente cálida de El Niño perturba la productividad primaria de las aguas locales. No sólo los hombres padecen las consecuencias de esta situación: las aves pescadoras (pelícanos, cormoranes, alcatraces) vieron cómo sus poblaciones sufrían una dramática regresión.*

(equinoideos). Se recogen y consumen varias especies, empezando por el erizo común *Paracentrotus lividus*. Se comen esencialmente las gónadas de estos animales (glándulas sexuales), de color anaranjado. En Oriente, y en especial en China, se capturan otros equinodermos, las holoturias o pepinos de mar (clase holoturoideos); algunos son considerados platos exquisitos, por ejemplo, el *trepang*. Otros se conocen con el nombre de «pez rojo picante» *(Actinopygia nobilis)* y de «pez gatillo» *(Thalenska aranus)*, etc. Estos animales se vacían, se secan unos dos días a 85 °C, y luego se hierven y se preparan en sopa o como comida básica.
Los tunicados, que pertenecen al *phylum* de los procordados, son generalmente incomestibles debido a la gruesa túnica (pared) que cubre su cuerpo, y que les ha dado el nombre. Sin embargo, una especie de este grupo, la ascidia *Halocynthina roretzi*, y algunas especies cercanas son habitualmente consumidas en la costa mediterránea de Francia (donde se las conoce con el nombre de «violetas»), en Japón, en China y en Siberia. La recogida es efectuada sobre todo por pescadores subacuáticos. En el Japón, esta actividad engendra un comercio bastante importante. La dura túnica de los animales es rajada con un cuchillo, y se extrae el cuerpo blando, de color más o menos anaranjado, que es comido crudo después de macerar a veces en vinagre. En Oriente se recogen también a menudo otros tunicados, los salpas, que se conservan en salmuera.
Las algas se emplean todavía poco en la cocina mundial, menos en Japón (y en un menor grado en China). En estos países del Extremo Oriente, las lechugas de mar del género *Porphyra* son objeto de un verdadero cultivo. Una vez cosechadas, son consumidas frescas, en sopa, como acompañamiento de algunos platos, o secadas y conservadas. Japón produce anualmente 300.000 toneladas de estos vegetales. Las otras especies de algas podrían —al menos algunas de ellas— servir de alimento al hombre o a los animales domésticos. En Europa, las lechugas de mar del género *Ulva* son consumidas a veces en ensalada. Pero, probablemente sin razón, los hombres han explotado poco las posibilidades nutritivas de las algas. Las recogen tradicionalmente para hacer abono (en Bretaña, en Inglaterra, etc.).

El alga *Fucus* mejora mucho los suelos, así como otros tipos de algas, como las *Lithothamnion*. Actualmente, las algas interesan sobre todo a los farmacólogos, ya que se ha descubierto que albergan un buen número de principios medicamentosos.

Las algas son utilizadas industrialmente para producir sosa, agar-agar (sustancia coloidal muy utilizada en numerosas ramas de la industria farmacéutica y química), etc. El alga roja *Chondrus crispus* produce una emulsión empleada en pastelería y en la fabricación de helados.

Quizás el futuro esté en las algas pardas gigantes llamadas globalmente kelp, y que pertenecen a los géneros *Alaria, Macrocystis (M. pyrifera)* y *Nereocystis*. Estos vegetales alcanzan dimensiones colosales (a veces más de 100 metros de longitud) y tienen un crecimiento extremadamente rápido (más de 50 centímetros diarios). Se piensa en cultivarlas en algo así como granjas submarinas en mar abierto. Se las plantaría en alambreras, y se cosecharía cada día una parte de sus hojas. Esta biomasa podría ser utilizada de varias maneras, bien para alimentar a los animales domésticos (ovejas, cabras) o para producir energía.

El hombre intenta siempre capturar en la naturaleza los organismos más grandes, es decir, los más aptos para un fuerte rendimiento. Es la razón por la que se empeña en cazar a los mamíferos marinos (ballenas, delfines, focas), pese a las protestas de los ecologistas. Desde este punto de vista, los animales más interesantes siguen siendo los grandes peces que viven en bancos. Un barco atunero puede capturar en una sola jornada de diez a doce toneladas de atunes. Un pesquero de gambas sólo conseguirá una décima parte de este peso. Si quisiéramos explotar algunas especies de zooplancton, en especial ciertos microcrustáceos, el rendimiento de la pesca sería aún menor.

Los peces comprenden animales de tallas muy diferentes. Algunos no sobrepasan el centímetro y medio de longitud y pesan apenas un gramo. Por el contrario, los grandes atunes miden más de tres metros y pesan 800 kilogramos. El rendimiento de la pesca depende mucho de la concentración de los bancos, de la estación, etc. Puede variar, para una misma región, de un año para otro. De manera general, los lugares favorables son aquellos en los que el plancton es abundante: regiones de ascensión de aguas profundas o zonas en las que se enfrentan dos corrientes, una cálida y otra fría.

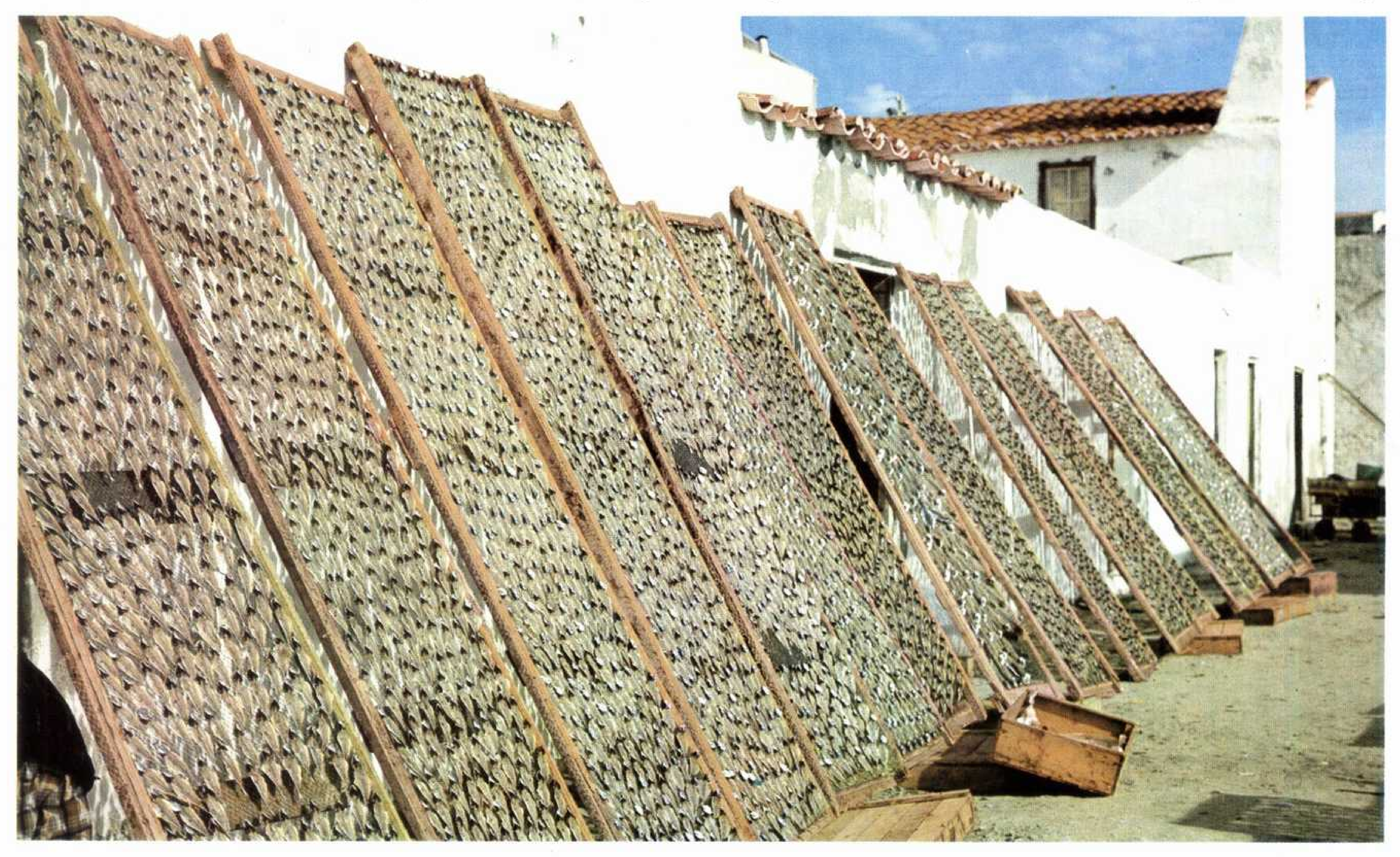
En lo que concierne al tonelaje capturado, el océano Pacífico ocupa el primer lugar, con 30 ó 35 millones de toneladas anuales, seguido por el Atlántico (20 a 25 millones de toneladas) y el océano Indico (2,5 millones de toneladas). Teniendo en cuenta su menor superficie, el Atlántico es mucho más productivo que el Pacífico.

El total de las capturas anuales, después de haber aumentado rápidamente en los años 1950-1970, y alcanzado 70 millones de toneladas, está en la actualidad en regresión, a pesar de las considerables mejoras técnicas en la detección de los bancos y en los propios métodos de captura.

Es la señal evidente de que existe una sobreexplotación. Hemos visto el caso elocuente del Perú. La pesca de las anchovetas *(Engraulis ringeps)*, después de haber sido un verdadero maná, se halla hoy día en total regresión.

Es una lección que ha de ser meditada. El mar no es extensible, y sus recursos son limitados. La plataforma continental, es decir, los fondos de menos de 200 metros, representa sólo el 7,5 por 100 de la superficie total de los océanos. A pesar de ello, de aquí proviene más del 95 por 100 de las capturas anuales de pescado. Si esquilmamos estos ricos biotopos, no habrá sustitución posible.

Conservar el pescado. *No basta con capturar el pescado: hay que conservarlo. Los métodos son múltiples. Existen tres grandes maneras tradicionales: el salado, el secado y el ahumado. Actualmente, una cuarta —la congelación— parece dominar. Esta cada vez es más utilizada por las flotas industriales. Abajo: secado de sardinas sobre enrejados al sol, en un pueblo de Portugal.*



La pesca de altura



La extensión mundial de la pesca

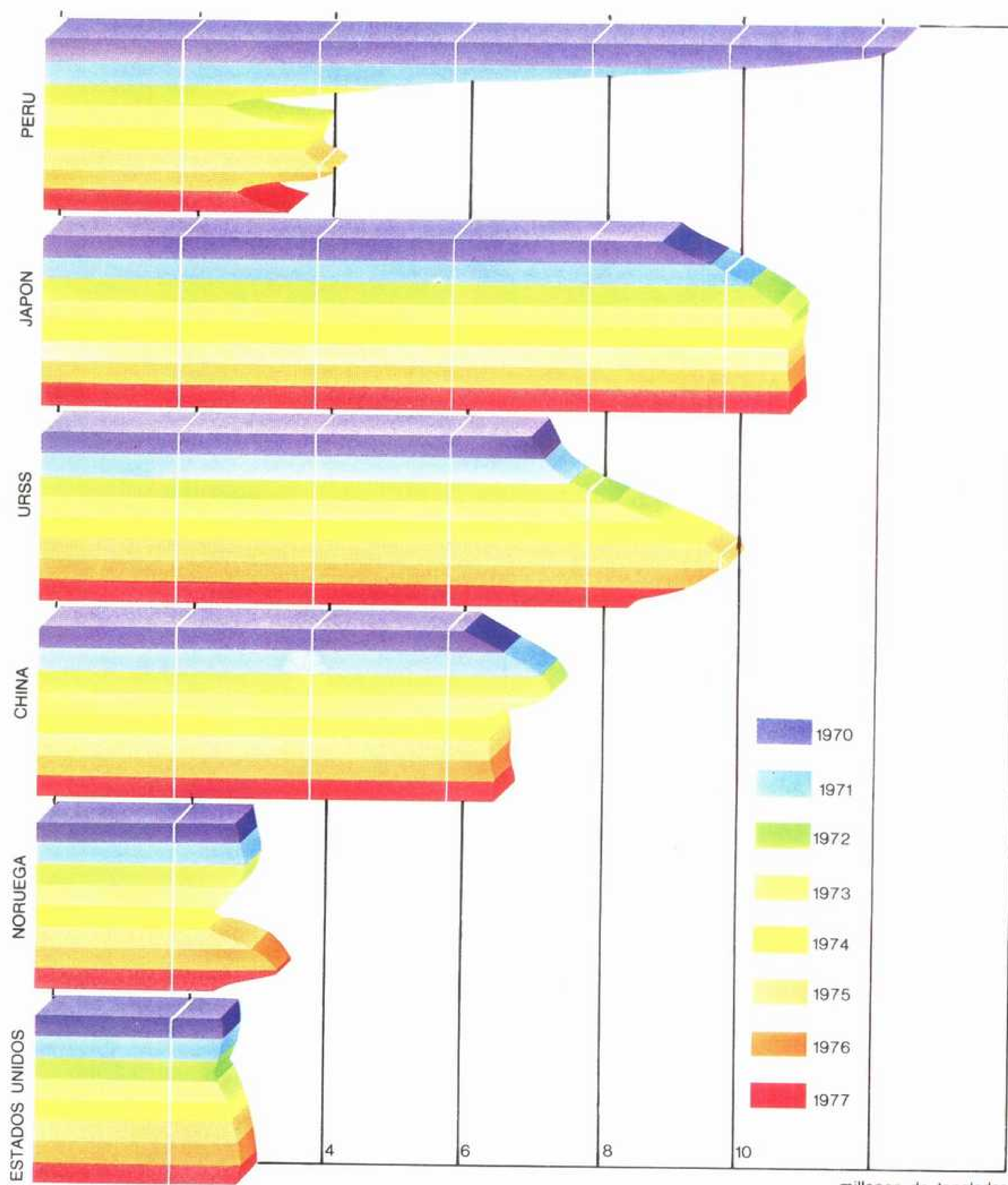
La pesca da lugar a una importante industria, cuyos beneficios anuales se cifran en miles de millones de dólares. La captura y comercialización del pescado de mar da trabajo a varios millones de personas. Hace unos treinta años, la mayoría de las capturas se destinaban aún al consumo humano. Pero a partir de la segunda mitad de la década de los cincuenta se fue desarrollando una tendencia, la de capturar especies tradicionalmente desechadas para hacer con ellas harina de pescado, destinada especialmente al engorde de los animales domésticos. En realidad hay pocas especies que interesen al hombre. Menos de una veintena de ellas suponen el 98 por 100 del total de la pesca. Entre estas especies codiciadas, algunas están en peligro de desaparición, e incluso han sido exterminadas en algunas zonas donde antaño eran abundantes.

Los arenques, las anchoas, las sardinas, los espadines, que pertenecen a la familia de los clupeidos, viven en bancos apretados, y son intensivamente apresados. Representan por sí solos el tercio del tonelaje mundial anual de las capturas de pescado. Ahora bien, sus efectivos están descendiendo en la totalidad de las regiones del océano.

El arenque ha sido el soporte histórico de la riqueza y la civilización de los pueblos que bordeaban el mar del Norte. Se dice, bromeando, que Amsterdam está construida sobre cimientos de raspas de arenque. Se creía que este pez era inagotable, ya que numerosísimos bancos se presentaban todos los años en sus aguas. Se ha tenido que cambiar de opinión; la pesca excesiva y sobre todo la de jóvenes, a la que se han dedicado especialmente los daneses, han conjugado sus efectos destructores con los de la contaminación y el saqueo de las áreas de reproducción de la especie, de tal forma que en la actualidad el arenque del mar del Norte está realmente amenazado.

En California se cogían más de 500.000 toneladas de sardinas al año en la década de los treinta. Las consecuencias de la pesca abusiva y de las variaciones naturales de algunos factores ecológicos arruinaron poco después esta industria. Los arenques, las anchoas, las sardinas, los espadines, son capturados aún por pequeñas embarcaciones artesanales cerca de las costas; pero en alta mar se movilizan para apresarlos inmensos arrastreros con redes de una longitud superior a veces a los 600 metros, y de una profundidad de 20 metros. Los animales recolectados son tratados mecánicamente en los barcos factoría, que los preparan de inmediato para la venta.

La pesca del bacalao, del plegonero, de la merluza y de los otros gádidos es también muy antigua. Estos peces, mayores que los clupeidos, frecuentan sobre todo las zonas de la plataforma continental en las que se producen ascensiones de aguas profundas o enfrentamientos de corrientes. Uno de los lugares más conocidos entre los que responden a esta descripción es el Gran Banco de Terranova.

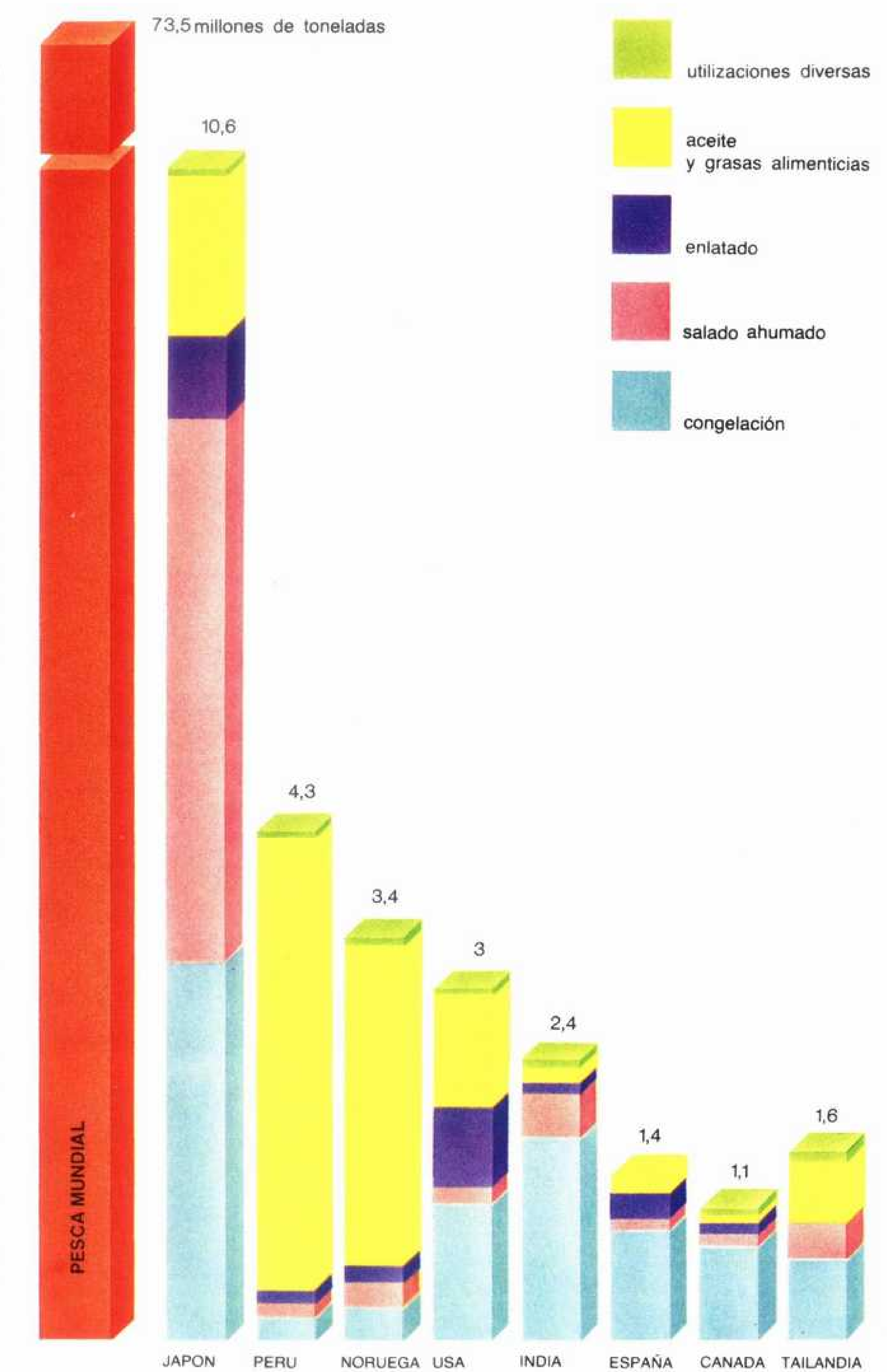


En alta mar se pescan evidentemente otros peces. Entre los mayores hay que incluir a los atunes (atún blanco, atún rojo, albacora, bonito de altura). Se trata de animales de gran tamaño, que pesan varias docenas e incluso centenares de kilogramos, y que están situados en la cima de la pirámide alimentaria.

Los atunes son excelentes nadadores, rápidos y resistentes. No tienen, como los demás peces, una temperatura variable e igual a la del agua del mar que les rodea. Poseen, por el contrario, una temperatura casi constante, siempre superior en unos diez grados a la del océano. Esta característica metabólica explica sus notables marcas, tanto de velocidad como de aguante. Los atunes son feroces carnívo-



__Los recursos pesqueros y la alimentación humana.__ Se ha dicho y escrito que el océano alimentaría un día a la humanidad. La población de nuestra especie, en rápido aumento, ¿encontrará efectivamente en el mar las proteínas animales que necesita con urgencia? Por desgracia, las estimaciones recientes son mucho más pesimistas que las que se hicieron hace diez o quince años. Los recursos de la pesca, que consiste —recordémoslo— en una simple recolección, están dramáticamente limitados. A pesar de la mejora de las técnicas de localización y de captura del pescado, el tonelaje anual se encuentra estabilizado o en baja, incluso en valores absolutos (esquema de la página de la izquierda), en la mayoría de las grandes potencias pesqueras. El esquema adjunto, a la derecha, muestra la forma en que son tratados los productos del mar en los diferentes países. Abajo: la selección del pescado en el puente de un arrastrero japonés.





ros que se alimentan de peces de mediano tamaño. Los hombres lo saben perfectamente, y les esperan cerca de los bancos de múgiles, de caballas, de sardinas, etcétera.

Los atuneros disponen de grandes redes con las que rodean a los peces. Estos son izados a bordo por los pescadores mediante bicheros. La carne se corta inmediatamente y es preparada para la venta, pero una parte de la captura está destinada al mercado de pescado fresco. Algunas especies de atunes, como la llamada «gran ojo» o la «aleta amarilla», viven en solitario en el océano; para capturarlos, los pescadores (sobre todo japoneses) aparejan palangres. Los atunes cazan a menudo las mismas presas que los delfines gregarios. Ocurre a veces que los cetáceos son apresados en las redes destinadas a los peces. Pocos son, desgraciadamente, los pescadores que intentan soltarles.

Los ictiofóridos, es decir, los peces vela (pez espada, marlines, pez vela), tienen esencialmente un área de distribución intertropical, al igual que los atunes. Estos peces interesan cada vez más a los pescadores profesionales, pero son sobre todo objeto de la pesca llamada «deportiva»: la pesca «mayor» reservada a los aficionados deseosos de emular a Hemingway.

La totalidad del océano es surcada actualmente por los pesqueros. Se descubren todavía zonas que no habían sido explotadas; por ejemplo, la región del archipiélago de las Kerguelen, al sur del océano Indico. Pero los nuevos caladeros son escasos. Lo esencial del tonelaje de pesca se realiza en áreas muy conocidas, y en el 95 por 100 de los casos en la plataforma continental.

Actualmente, los problemas de la pesca no son los mismos que hace unos cincuenta años. En aquella época lo más difícil era localizar a los peces, y el mayor riesgo para los pescadores era el naufragio. Hoy día se localiza sin dificultad a los bancos, pero el principal peligro para los hombres es el paro. La pesca excesiva pone en peligro la actividad de los propios armadores y de sus tripulaciones. La competencia entre los estados se hace muy severa. Ya ha habido «guerras» y confrontaciones para apropiarse de los animales del mar. El nuevo derecho internacional de los océanos, que parece imponerse realmente, reconoce a los estados ribereños la soberanía sobre la zona de las 200 millas que bordea sus costas. No es bueno por principio que los países se apropien de regiones del océano, pero, por otra parte —y quizá pequemos no poco de optimistas al pensar así—, este hecho les permitirá tal vez promulgar leyes de conservación de los stocks, y de hacerlas respetar.

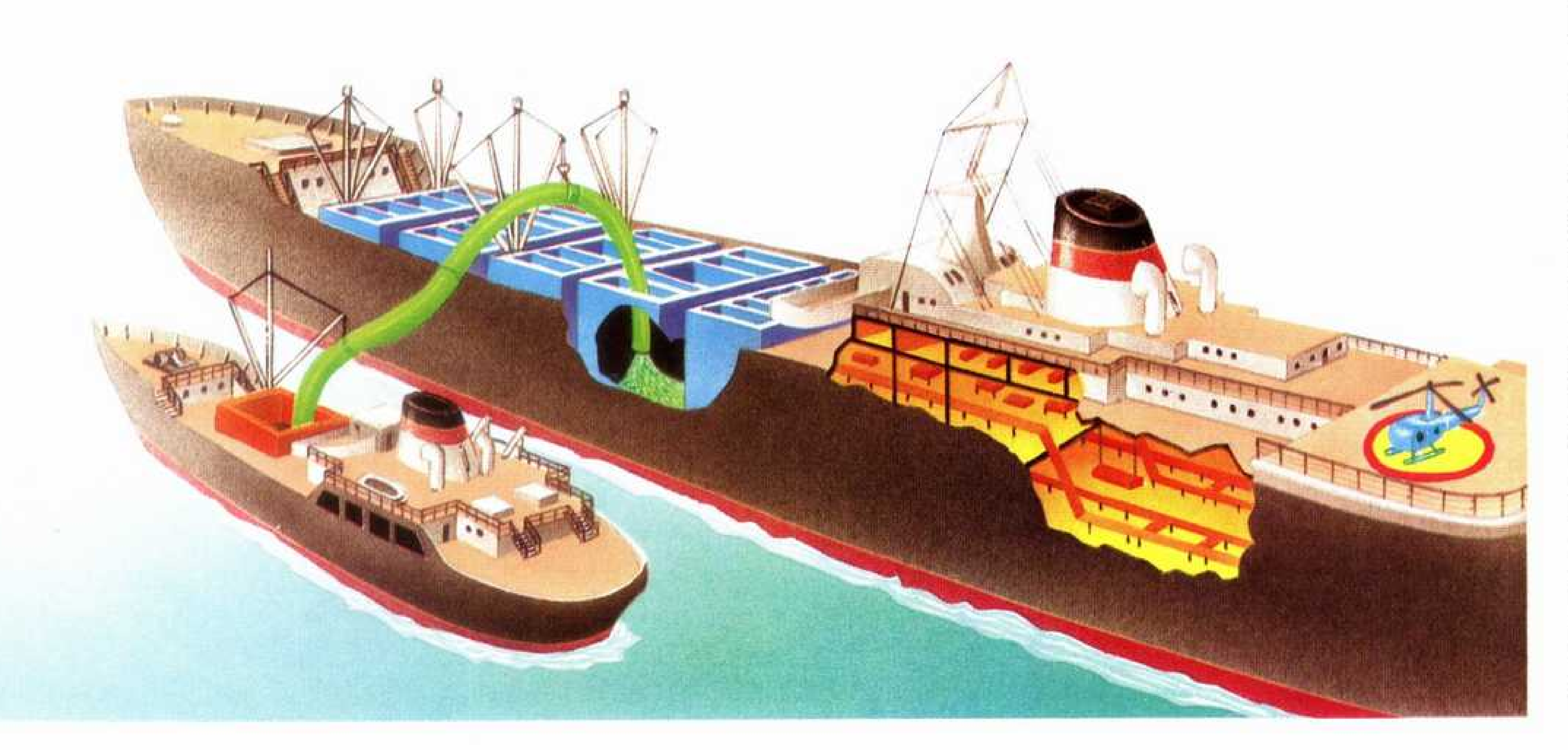
Las nuevas técnicas



EN los últimos años, muchos equipos de oceanógrafos han intentado censar, banco por banco, los recursos del mar. Para conseguirlo no se contentaron con estimaciones deducidas a partir de los resultados, más o menos favorables, de las campañas de pesca. Los científicos han tratado de cifrar cada vez la biomasa disponible en todos los pisos de la pirámide alimentaria.

A pesar de este estimable despliegue de esfuerzo no se puede decir que los resultados sean muy fiables. Las estimaciones concernientes a las capturas máximas soportables que el hombre podría realizar en el mar varían en tales proporciones, que no se puede concluir nada. Algunos especialistas demasiado optimistas (o vendidos de antemano a los armadores) piensan que se podrían recolectar anualmente de 200 a 500 millones de toneladas de diversos animales en el océano mundial. La mayoría de los oceanógrafos serios no son de esta opinión. Según ellos, hoy día las capturas (un poco menos de 70 millones) son ya demasiado importantes. El problema cuantitativo no es el único. Existé también el problema cualitativo.

Las especies comerciales tienen un gran valor económico, pero se van haciendo escasas. Su precio, al subir, favorece en primer lugar a los armadores y a los pescadores. Pero a medida que la escasez se va haciendo más grave, se produce un



La pesca de altura. *Moviliza flotas formadas por barcos de captura, de talla media, y barcos factoría, destinados a preparar el pescado. Dibujo adjunto: un arrastrero descarga automáticamente sus capturas en las bodegas de un barco factoría. Página de la izquierda: barcos de talla media para la pesca en alta mar, en el puerto de Coshi, en el Japón. Página de la izquierda, abajo: operación desembarco de halibuts en un puerto de Alaska.*

efecto inverso: el coste de las campañas de pesca (gasóleo, mantenimiento del barco, salarios) acaba por sobrepasar el montante de la venta del pescado.

Las técnicas de localización del pescado han hecho grandes progresos, sobre todo a partir del momento en el que los sonares se fueron extendiendo. Sabemos que la ecosonda consiste en enviar sonidos en el mar y estudiar la manera en que son reflejados por los obstáculos. De esta forma, se cartografía el fondo que se está «sobrevolando». Cuando se presenta un banco de peces lo suficientemente denso se le puede localizar del mismo modo. Los investigadores han intentado también determinar si hay una relación entre la presencia del plancton y la de los peces. Han estudiado particularmente, desde este punto de vista, las capas difusoras profundas (CDP). Estas capas, muy visibles en los ecogramas, son a veces muy anchas. Corresponden a bancos de plancton animal que realizan migraciones verticales.

No parece existir una relación directa entre las capas difusoras profundas y los bancos de peces comerciales. Por el contrario, se ha puesto en evidencia un estrecho vínculo entre la abundancia de fitoplancton y la riqueza piscícola de los fondos. Allí donde las aguas profundas enriquecen las aguas superficiales y permiten la explosión de las poblaciones de diatomeas y de otras algas unicelulares, el conjunto de la biomasa se acrecienta y los peces encuentran alimento.

Partiendo de esta constatación, se han puesto a punto métodos sofisticados para la detección de bancos, en especial de teledetección por avión e incluso por satélite. Se empieza a saber descubrir a distancia la presencia de clorofila en un determinado medio acuático. Según su concentración, se conoce la biomasa presente en la porción de océano estudiada. Se sabe entonces dónde enviar inmediatamente a los pesqueros.

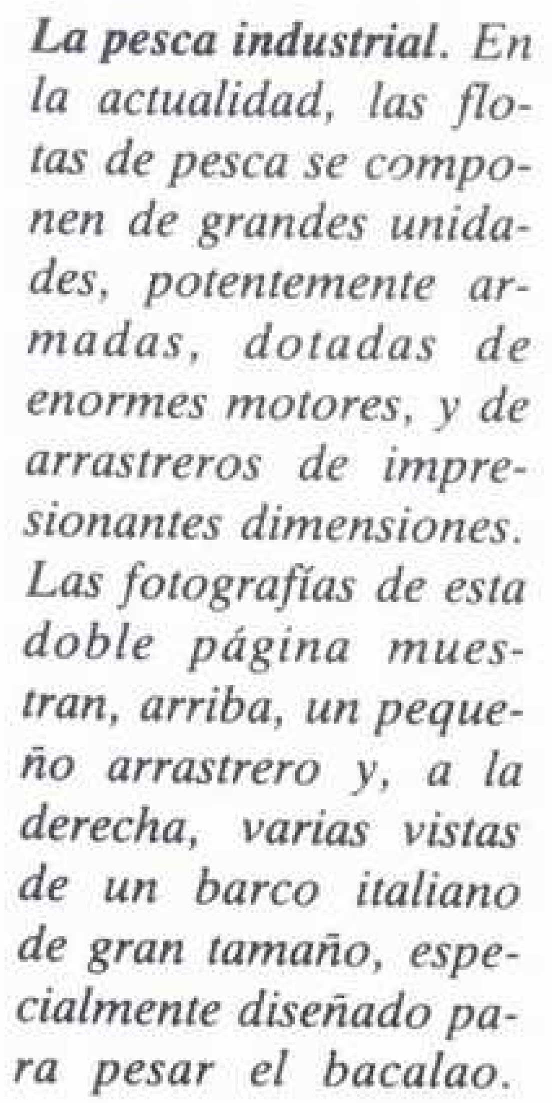
En el caso de algunas especies, sobre todo de aquellas que realizan migraciones regulares, los progresos de la oceanografía biológica han sido a veces desastrosos. Los salmones, por ejemplo, descienden al mar para engordar, después de haber eclosionado en las zonas altas de las cuencias fluviales. Durante mucho tiempo se ignoraron los lugares donde iban a «cebarse» durante cuatro o cinco años, antes de volver a reproducirse a sus arroyos de nacimiento. En estos últimos años se han descubierto estas zonas, y los pesqueros se precipitaron, por supuesto, hacia ellas, con las consecuencias que es fácil imaginar.





Los métodos de conservación. *El pescado se conserva de muchas maneras: enlatándolo, ahumándolo, salándolo, etc. Una de las técnicas más antiguas consiste en cubrirlo de hielo (a la izquierda). En la actualidad, las grandes unidades pesqueras disponen de cámaras frigoríficas, que permiten congelar las capturas a temperaturas inferiores a −18 °C (arriba).*











La pesca industrial. *En la actualidad, las flotas de pesca se componen de grandes unidades, potentemente armadas, dotadas de enormes motores, y de arrastreros de impresionantes dimensiones. Las fotografías de esta doble página muestran, arriba, un pequeño arrastrero y, a la derecha, varias vistas de un barco italiano de gran tamaño, especialmente diseñado para pesar el bacalao.*

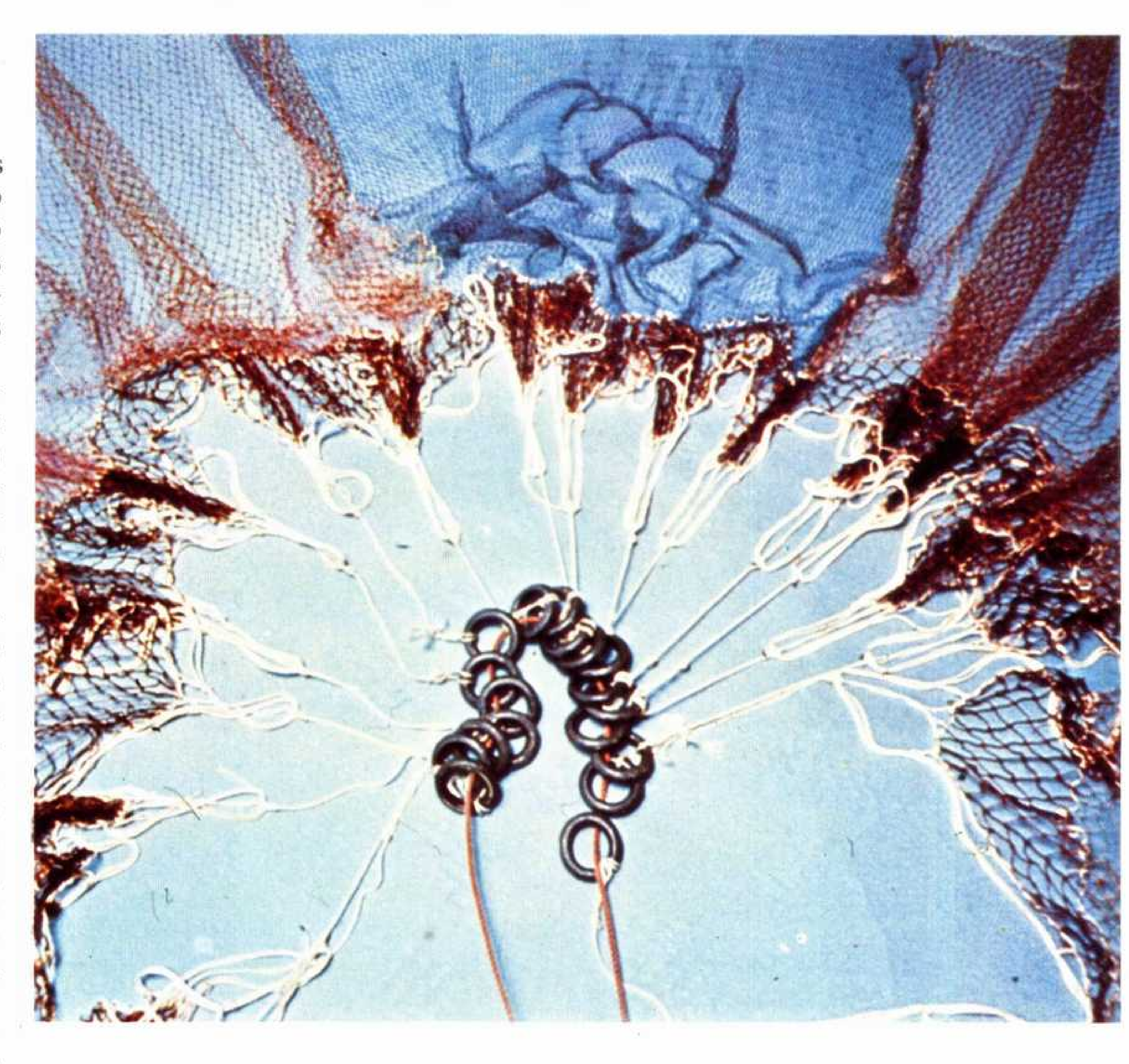




Un gran arrastrero. *El dibujo de abajo nos muestra la organización de un gran arrastrero moderno, concebido para largas campañas en alta mar. La red se echa, y luego se recoge por la popa, por un plano inclinado, gracias a potentes tornos.*

1. *Bulbo de roda*
2. *Cabestrante del ancla*
3. *Central eléctrica*
4. *Escotín de carga*
5. *Pasarela*
6. *Radar*
7. *Bote de salvamento*
8. *Cabestrante de carga*
9. *Chalupa*
10. *Cabestrante*
11. *Guindaste*
12. *Sirga del arrastre*
13. *Hélice*
14. *Bodega de las redes*
15. *Trituradora para la harina del pescado*
16. *Prerrefrigeración del pescado*
17. *Bodega de tratamiento*
18. *Reductor*
19. *Motor principal*
20. *Máquinas frigoríficas*
21. *Bodega frigorífica*
22. *Almacenamiento*

Los instrumentos de pesca pelágica



Un gran número de ingenios utilizados primitivamente para pescar a lo largo de las costas o en los ríos han sido utilizados en alta mar. Describiremos aquí únicamente algunos de estos dispositivos y materiales, lógicamente los más importantes.

En este campo se observa que las tradiciones se mantienen vivas, a la vez que numerosas y pequeñas innovaciones son aportadas periódicamente. Los instrumentos de pesca en alta mar pueden ser divididos en tres grandes categorías: la caña, las redes y los arpones.

La pesca con caña, bien por simple distracción o profesional, obedece siempre al mismo principio: atraer al pez hacia un cebo y clavarlo en un anzuelo. Los sedales tienen grosores, formas y composiciones variables. El material del cual están constituidos posee una resistencia calculada en función del animal que se pretende capturar. Pueden ir aparejados sobre una caña o ser arrastrados por una embarcación. Algunos están provistos de dos o tres anzuelos, a veces, incluso, de una o varias decenas.

La pesca con volantín se emplea fundamentalmente para capturar a los gádidos (bacalaos, eglefinos, carboneros), los salmones, las caballas, los peces vela, los atunes, los marlines, etc. Se echan detrás del barco uno o varios sedales, dotados de anzuelos cebados con pececillos, trozos de pulpo, etc.

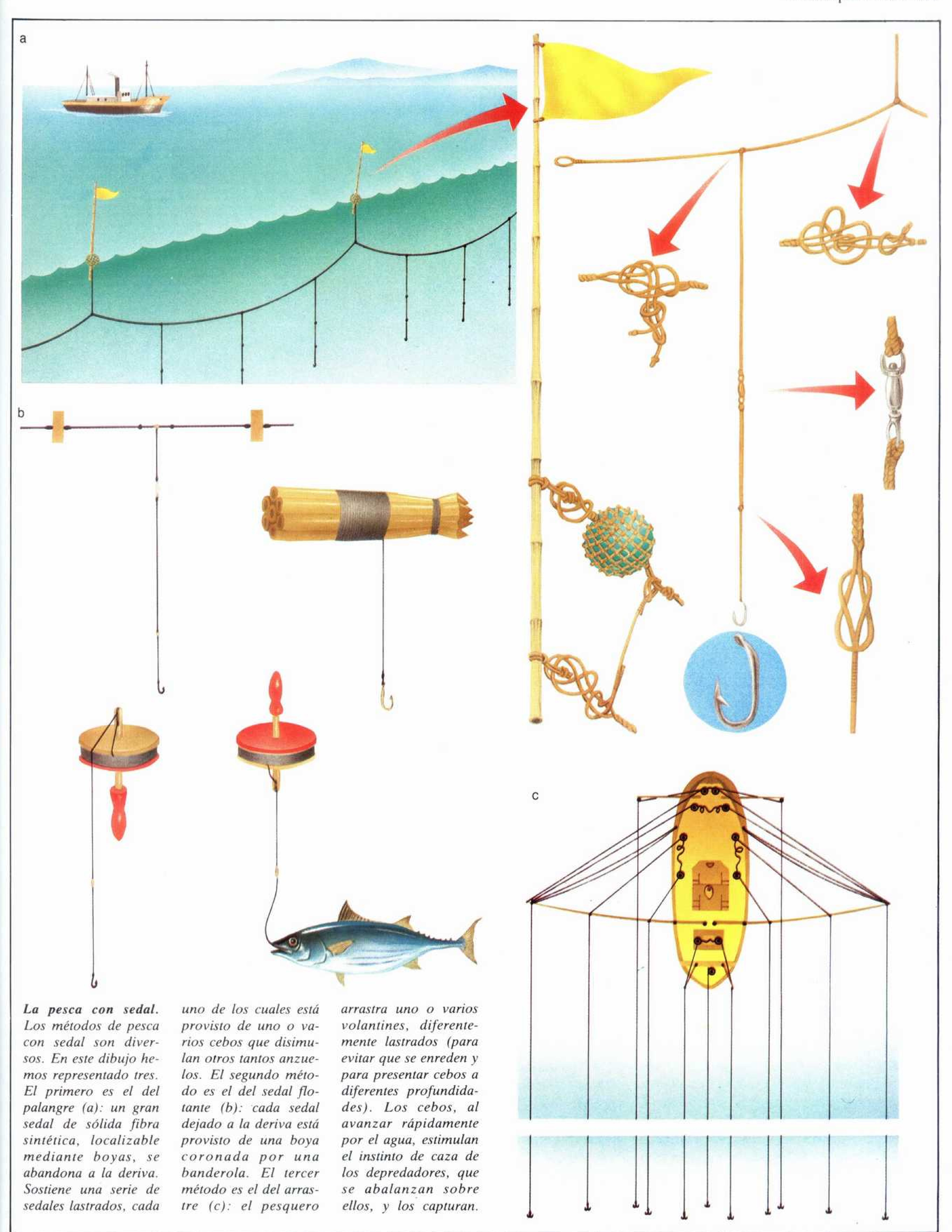
Este método de captura tiene la clara ventaja de ser muy selectivo: se capturan las especies deseadas y sólo los ejemplares grandes. Las otras especies son respetadas, así como los jóvenes, lo que no ocurre desgraciadamente con los arrastreros modernos.

La pesca del atún, del marlín, del pez vela y, más generalmente, la «pesca mayor» se realiza con caña. Esta modalidad, muy deportiva, ha sido suficientemente descrita, filmada y fotografiada como para que tengamos que insistir sobre ella. Sabemos que el pescador está sentado sobre un asiento pivotante. Cuando pica una presa, ha de «cansarla» progresivamente, para atraerla poco a poco hacia la embarcación. La engancha con un garfio cuando está prácticamente muerta. Este tipo de pesca es difícil, y proporciona muchas emociones a sus adeptos. Pero estos pescadores son por lo general gente de dinero, que no tienen ninguna necesidad del pez capturado para poder comer. Hay otros pescadores que atrapan también bonitos y grandes peces con caña, pero es su profesión y su manera de conseguir su sustento.

La pesca con caña tiende a desaparecer en alta mar (si exceptuamos «la pesca mayor» deportiva), ya que su rendimiento es bajo y aleatorio. No se va hacia los peces, como con el arrastre; se espera que el pescado venga hacia uno. Por supuesto, esto no corresponde a la tendencia general actual, que quiere que los rendimientos no dejen de aumentar. Los pescadores cubanos practican todavía la pesca de altura con caña en las aguas de Pinar y Matanga (provincia de La Habana). Se dirigen a alta mar a bordo de pequeñas barcas de cinco a ocho metros de longitud, se dejan derivar, y aparean palangres flotantes, muy poco lastrados y cebados cuidadosamente. Capturan así bonitos, peces vela, peces espada, marlines y tiburones. La lucha con el pez se parece mucho a lo que describió Hemingway en *El viejo y el mar*. A menudo, en los barcos cubanos embarcan tres hombres, que aparean cada uno un palangre; estos tres aparejos están plomeados de distinta forma, para que no se líen y para poder capturar peces que evolucionan a diferentes profundidades. Los sedales, muy largos, provistos de varios cebos y de varios anzuelos, deben ser particularmente resistentes. Por lo general, estos están concebidos para rozar el fondo. Se les utiliza mucho para pescar bacalaos y otros gádidos, en especial en Terranova y frente a las costas de Noruega, pero también en la captura de los túnidos. Los japoneses son maestros en su utilización. Gracias a estos aparejos explotan eficazmente el Pacífico norte y el mar de Bering. Como ocurre en todas las flotas pesqueras industriales japonesas, los barcos dotados de palangres son seguidos por un barco factoría, que procesa inmediatamente las capturas.

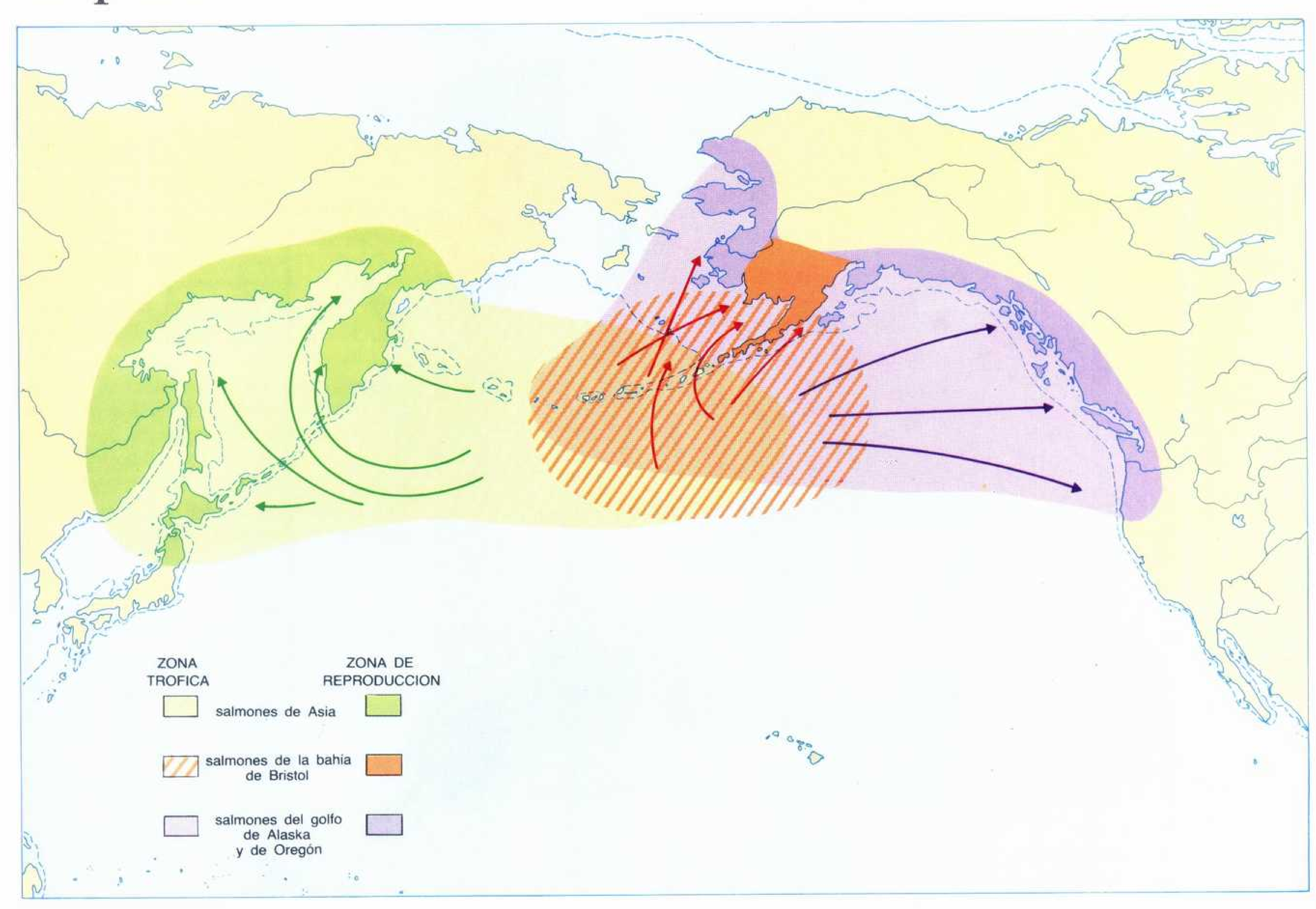
Las redes utilizadas en alta mar son, al igual que las empleadas en las cercanías de las costas, de talla, forma y anchura de malla muy variables. Estas especies de bolsas, a veces colosales, son arrastradas por potentes barcos y recogidas periódicamente. Después de vaciarlas sobre el puente, los peces son clasificados, vaciados y preparados. Las redes de arrastre pueden ser muy destructivas si la malla es demasiado pequeña o si trabajan en zonas poco profundas. En estos dos casos saquean el medio natural, estropean los huevos, matan a las larvas y a los jóvenes y trastornan la totalidad del ecosistema.

La pesca con arpón en alta mar no tiene ya más que una importancia marginal. Algunos hombres matan aún de esta forma grandes peces (atunes, peces espada). La caza de las distintas especies de ballena y de los cachalotes cesará pronto —esperemos—, ya que es absurdo seguir considerando a los cetáceos como animales a «explotar».



La pesca con sedal. *Los métodos de pesca con sedal son diversos. En este dibujo hemos representado tres. El primero es el del palangre (a): un gran sedal de sólida fibra sintética, localizable mediante boyas, se abandona a la deriva. Sostiene una serie de sedales lastrados, cada uno de los cuales está provisto de uno o varios cebos que disimulan otros tantos anzuelos. El segundo método es el del sedal flotante (b): cada sedal dejado a la deriva está provisto de una boya coronada por una banderola. El tercer método es el del arrastre (c): el pesquero arrastra uno o varios volantines, diferentemente lastrados (para evitar que se enreden y para presentar cebos a diferentes profundidades). Los cebos, al avanzar rápidamente por el agua, estimulan el instinto de caza de los depredadores, que se abalanzan sobre ellos, y los capturan.*

La pesca del salmón



EXISTE un gran número de animales migradores, ya sea entre los insectos (mariposas, langostas), los crustáceos (langostas) o las aves (cigüeñas, golondrinas, charranes, etc.). Entre los peces, los más conocidos de los que realizan regularmente largos periplos son los arenques, los bacalaos, las anguilas y los salmones.

Las migraciones responden a varias necesidades. Algunas tienen como fin la búsqueda de nuevas fuentes de alimento: son llamadas alimentarias o tróficas. Otras son necesarias para perpetuar la especie: las reproductivas o genéticas. Otras, destinadas más particularmente a asegurar a los animales una temperatura mínima en cualquier época del año: se trata de las migraciones climáticas (muy a menudo son también tróficas). Por fin están aquellas cuya finalidad es mantener a los animales (acuáticos) en un medio de una concentración salina dada: son las migraciones osmorreguladoras.

Los peces migradores pertenecen a dos grandes categorías: los que no cambian de medio salino, es decir, que permanecen en agua dulce o salada (los migradores estenohalinos o estenodromos; el caso de los arenques, etc.), y los que pasan del agua dulce al agua salada, o a la inversa. Son llamados eurihalinos (que soportan diferentes concentraciones salinas), o diadromos o anfidromos.

Se pueden realizar más divisiones entre los peces eurihalinos, como ya lo han hecho numerosos científicos, en particular G. S. Meyers. Algunas especies viven la mayoría de su existencia en las aguas marinas, y van a reproducirse a los ríos o a los lagos; se les llama anadromos, potamodromos, o potamotocos (del griego *potamos*, «río»). Es el caso de la alosa, de la lamprea y, sobre todo, del salmón. Por el contrario, otras especies frecuentan normalmente las aguas continentales y sólo descienden al mar para transmitir la vida: se les llama catadromos, o talasadromos, o talasatocos (del griego *thalassa*, «mar»). Así son las anguilas. Sabemos que van a reproducirse a zonas muy concretas del océano.

Los salmones realizan migraciones anadromas. Nacen en los arroyos, bajan al mar al año siguiente (se les llama salmones de bajada o esguines) y van a engordar a algunas regiones del océano. Al cabo de tres, cuatro o cinco años, según las especies, alcanzan la madurez sexual. Vuelven hacia los estuarios, remontan los ríos y van a reproducirse a los arroyos en los que han nacido. Se les llama entonces salmones de subida. Los salmones del Atlántico *(salmo salar)* se alimentan en el mar de las cercanías de Groenlandia y del Labrador. Este destino, antes misterioso, se descubrió hace sólo unos años. Los pescadores industriales aprovecharon inmediatamente esta información. Fueron a capturar masivamente a los salmones que estaban engordando. Es un método peligroso, ya que es demasiado eficaz. Mejor sería esperar a que los salmones volviesen por sí mismos a los estuarios y remontasen los ríos, para pescarlos con caña o con redes.

La pesca con caña es mucho menos devastadora que la que se hace con red. Los peces pican por simple reflejo (no se alimentan a partir del momento en que alcanzan los estuarios). Sufren, al entrar en contacto con el agua salobre, y luego con el agua dulce, importantes cambios fisiológicos e incluso morfológicos. Su boca se encorva y se transforma en una especie de pico. Los salmones de subida tienen generalmente unos cuatro o cinco años en Europa, aunque algunos son más jóvenes (dos o tres años). Una vez que se han reproducido en sus arroyos de nacimiento, la mayoría de los adultos mueren, aunque no todos. Unos pocos consiguen volver al mar, en el que se recuperan.



Una barrera de redes. Los salmones se cuentan entre los peces más preciados. Estos grandes migradores sobrepasan a veces los 30 kilogramos. Cuando vuelven después de engordar en el mar y se presentan en las desembocaduras de los ríos para remontarlos y desovar luego en los arroyos, están gordos y son objeto de una activa pesca. Los animales, a los que el instinto empuja irresistiblemente río arriba, se abalanzan masivamente sobre las redes que los hombres han atravesado en los ríos. Este tipo de pesca ha alcanzado proporciones auténticamente industriales en las costas septentrionales del Pacífico (Japón, URSS, Alaska, Canadá, noroeste de Estados Unidos). Las capturas han sido muchas veces abusivas. El salmón rojo de Alaska (en estas fotografías), ¿seguirá constituyendo por mucho tiempo la importante riqueza de estas aguas locales?





Entre los salmones del Pacífico (género *Oncorhynchus)*, ninguno de los ejemplares que se han reproducido sobrevive. Todos ellos sufren un proceso de envejecimiento acelerado, y mueren antes de empezar a descender el río. Sus tejidos descompuestos sirven de alimento al plancton animal y a los pequeños organismos, de los que se nutrirán, una vez eclosionados, sus hijos.

Los salmones del Pacífico, de los que se conocen varias especies (salmón rojo, salmón coho, salmón chum), dan lugar a una muy importante industria pesquera, en especial en Canadá (Columbia Británica), en Alaska y en Siberia (Kamchatka, isla de Sajalín, etc.).

El gran valor comercial de los salmones hace que sean activamente buscados por los pescadores. Este es un hecho reciente: todavía en el siglo XVIII, los obreros agrícolas, en Bretaña y en Inglaterra, exigían que se estipulara en sus contratos que no se les serviría salmón más de tres veces por semana. En la actualidad, este pescado es considerado un lujo. Escasea cada vez más debido a la pesca intensiva a la que se le somete, pero también por culpa de la degradación general del medio que le conviene. Es un animal especialmente sensible a la contaminación: necesita agua muy oxigenada y muy fría, algo que no se da en nuestros ríos contaminados por los desechos domésticos, agrícolas e industriales, y recalentados por los vertidos de las fábricas y de las centrales. Los salmones sufren muchas molestias en sus subidas o son detenidos por los obstáculos que el hombre construye en los ríos. Las escalas salmoneras, cuando existen, no son siempre fáciles de encontrar y de remontar.

La pesca del atún







El atún, constrariamente a la gran mayoría de los otros peces, tiene una temperatura superior a la del agua del mar —unos 10 grados—. Es una evolución hacia la homeotermia necesaria para su modo de vida: el animal debe nadar muy rápidamente para capturar a los peces de los que se alimenta (es capaz de acelerar a unos 10 kilómetros por hora), y tiene que hacerlo durante mucho tiempo, ya que es un perpetuo migrador. Sin su sangre más caliente que el medio que le rodea, no podría tener ese ritmo de vida tan activo. Su elevada tasa metabólica le acerca, en cierto modo, a los mamíferos acuáticos —en especial a los delfines—, con los que comparte una existencia errante.

Verdadero nómada de los mares y gran pirata del océano, el atún dispone de perfectos receptores sensoriales, que le permiten localizar exactamente a sus presas. Su línea lateral es en extremo sensible; gracias a ella detecta desde muy lejos las ondas de presión provocadas por los bancos de peces de los que se nutre. Además, los atunes cazan a menudo en grupo: tienen una estrategia eficaz para rodear a los múgiles, a las caballas o a los otros animales que persiguen. Los atunes, de los que existen varias especies, son objeto de una pesca más o menos intensiva en al menos siete países. Estados Unidos y Japón consiguen más del 50 por 100 de las capturas. Japón, Estados Unidos, Alemania Federal, Francia, Italia y España juntos consumen más del 90 por 100 del tonelaje total conseguido anualmente por los atuneros.

Los métodos de pesca varían según las regiones. En algunos casos son las mismas que hace siglos: existe una tradición de pesca del atún en el Mediterráneo que se remonta al menos a la Edad Media. Ocurre lo mismo en Japón, en Filipinas, etc. Los atunes son capturados con caña o con redes. En este caso se trata a menudo de redes giratorias (las almadrabas, precisamente uno de los ejemplos más clásicos de ingenio utilizado desde la antigüedad, pues, aunque se conozca con seguridad que este sistema se empleaba en el Medievo, es muy probable que su uso se remonte a mucho antes, concretamente a pueblos prerromanos, como los míticos tartesios que habitaban en el sudoeste de la península Ibérica). Los pescadores, armados con bicheros, arponean a los animales y los suben a sus barcas. La carne de los atunes, muy alimenticia, es vendida fresca en un gran número de mercados.

En el Japón se emplea la carne de estos peces para la confección del célebre *shashimi:* el pescado crudo condimentado con hierbas y salsas aromáticas.

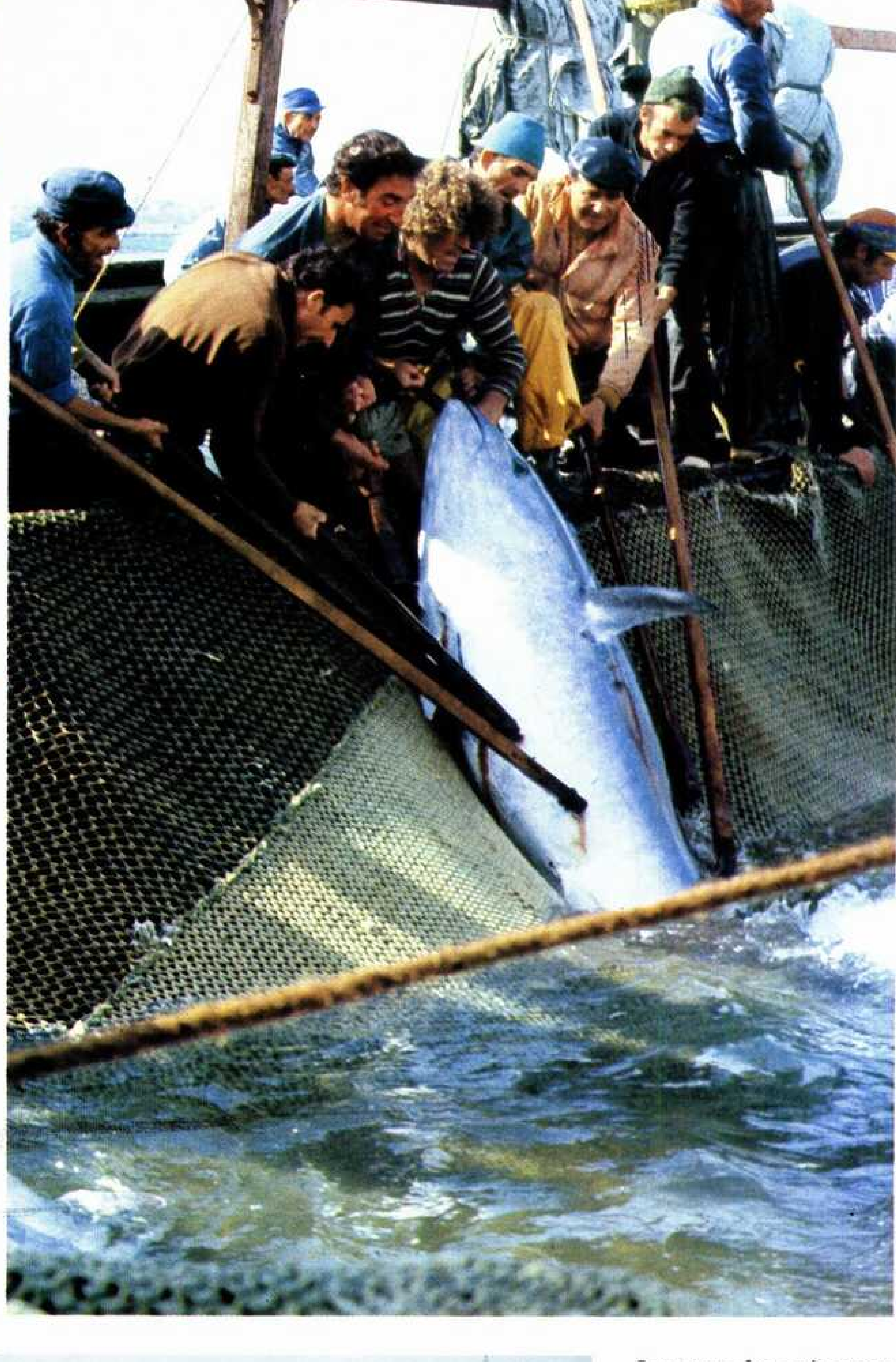
En los modernos barcos factoría, los atunes son descuartizados y condimentados para ser enlatados, bien al natural, bien con algún aliño.

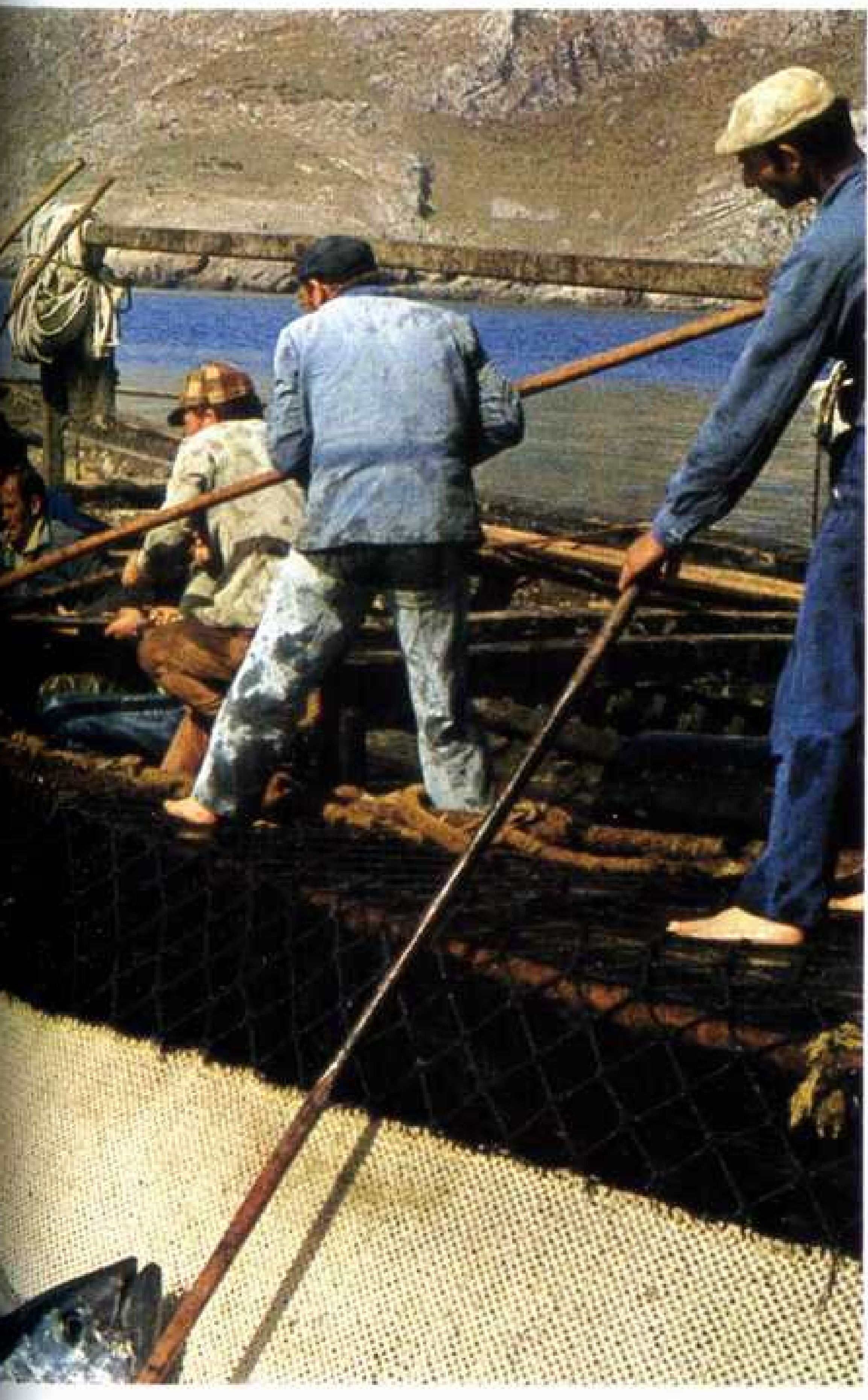
Las diferentes especies de atunes no tienen la misma reputación, pero todas son capturadas. Entre las más preciadas figura el atún blanco, o bonito del norte *(Thunnus alalunga);* el albacora *(Thunnus albacacores);* el patudo *(Thunnus obesus);* el atún rojo *(Thunnus thynnus);* el atún del sur *(Thunnus mascoyii),* y el atún skipjack *(Katsuwonus pelamis).* Estas son las especies mayores, algunas de las cuales pesan varios cientos de kilogramos. Entre las más pequeñas están el bacoreta *(Euthynnus alleteratus);* el melva *(Auxis thazard),* y el bonito del Atlántico *(Thunnus atlanticus* y *Thunnus tonggol).*

Los atunes constituyen la familia de los túnidos, que pertenecen al orden de los perciformes y al suborden de los escombroides. Entre estos últimos encontramos también a la familia de los escómbridos, que es la de las caballas (géneros *Scomber* y *Scomberomorus).* La importancia económica de estos animales es muy grande. Las caballas son a veces vendidas en fresco en el mercado, pero en general son destinadas a las fábricas de conservas.

En el suborden de los escombroides encontramos otras dos familias compuestas de peces generalmente grandes, muy buscados por los pescadores. La primera es la de los istiofóridos, o peces vela y marlines; estos animales se diferencian por su rostro alargado y su gran dorsal.







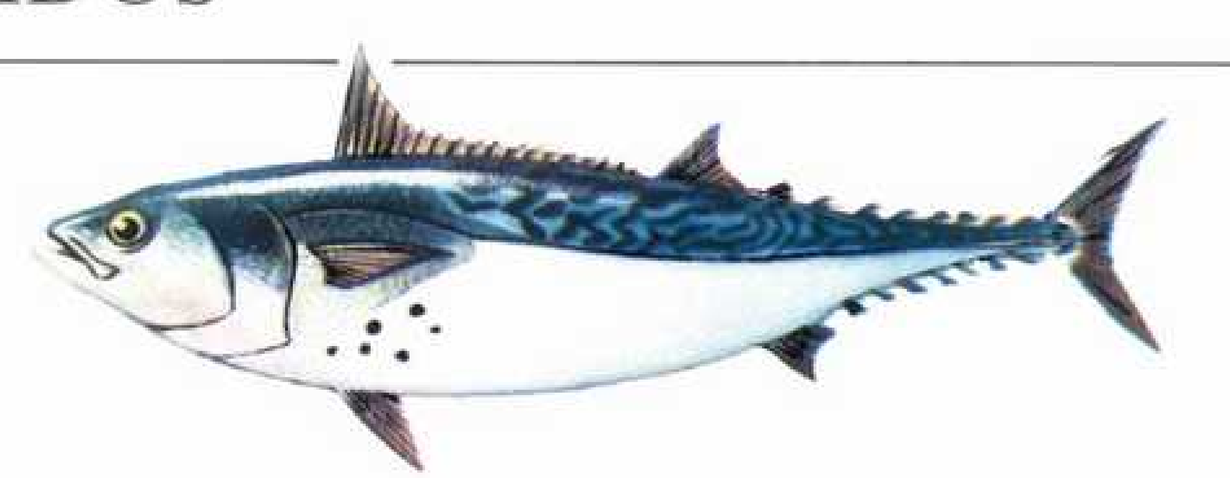
La matanza. *Durante la primavera, grandes bancos de atunes se acercan a las costas del Mediterráneo para reproducirse. Son capturados en grandes redes fijas o almadrabas (que los italianos llaman* tonnare*), de las que son sacados con bicheros por los pescadores (matanza). Las fotografías de la doble página muestran algunos aspectos de esta pesca. Excepto la de abajo, han sido tomadas en el mar Tirreno.*

Se pesca al pez vela del Pacífico *(Istiophorus orientalis)*, que se alimenta de caballa, alcanza tres metros de longitud y sobrepasa los 200 kilogramos; al pez vela del Atlántico *(Istiophorus albicans);* al marlín azul *(Makaira nigricans);* al marlín común *(Tetrapturus angustirostris);* al marlín negro *(Makaira indica);* al marlín blanco *(Tetrapturus albidus)*. La otra familia es la de los xiifidos, o peces espada. La especie más común *(Xiphia gladius)* posee un rostro muy largo. Existe en todos los mares cálidos o templados; el peso medio de los individuos capturados es del orden de los 100 kilogramos, pero algunos alcanzan los quinientos.



Los grandes países pesqueros. *Japón, seguido por Estados Unidos, es el país que captura, con diferencia, mayor cantidad de atunes anualmente. Los pescadores nipones disponen de numerosos barcos, potentes y bien equipados y actúan en todos los mares. Capturan una pequeña parte de sus atunes con caña, y la mayoría con largos volantines o redes. En este último caso ocurre a menudo que cogen simultáneamente delfines: no les perdonan entonces... La fotografía de la izquierda muestra una pequeña parte de los atunes desembarcados en una sola mañana en el puerto especializado de Harumi, en Tokio.*

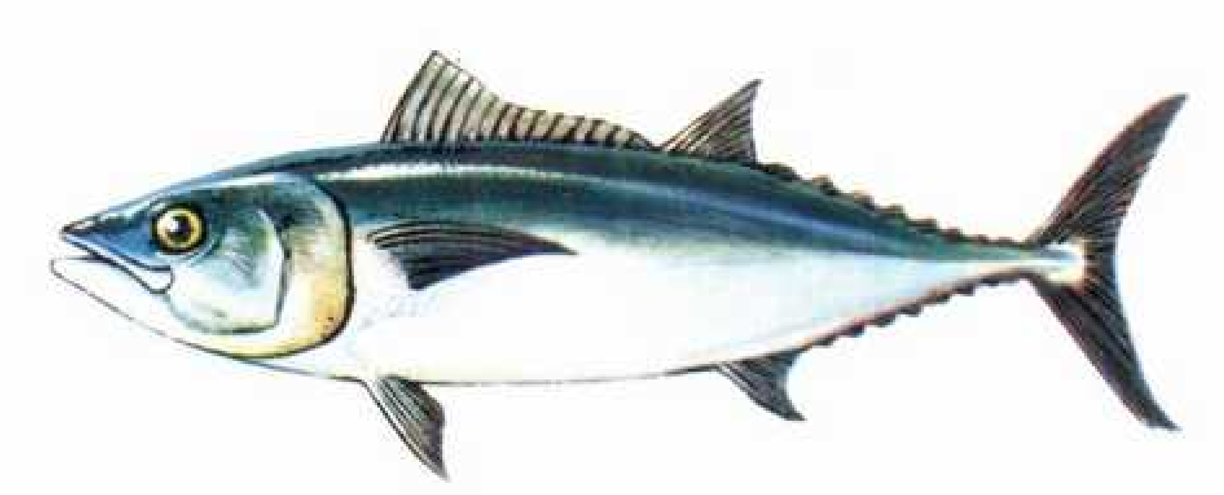
ESCOMBRIDOS Y TUNIDOS



Bacoreta (Euthynnus alletheratus)
Vive en bancos en las aguas cálidas del Mediterráneo y del océano Atlántico del norte y del sur.



Atún rojo (Thunnus thynnus)
Prefiere las aguas de las regiones templadas y subtropicales de todos los océanos del mundo.



Atún oriental (Thunnus orientalis)
Vive en las aguas del Pacífico sur y del norte de Australia.



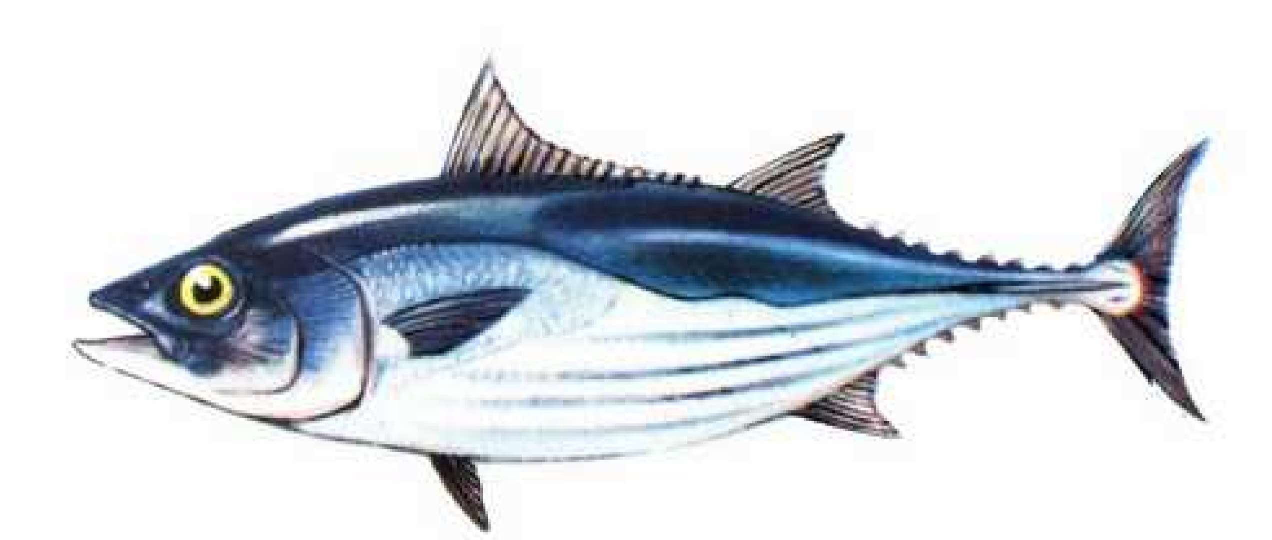
Melva (Auxis thazard)
Vive en bancos enormes en las aguas cálidas y templadas del mundo.



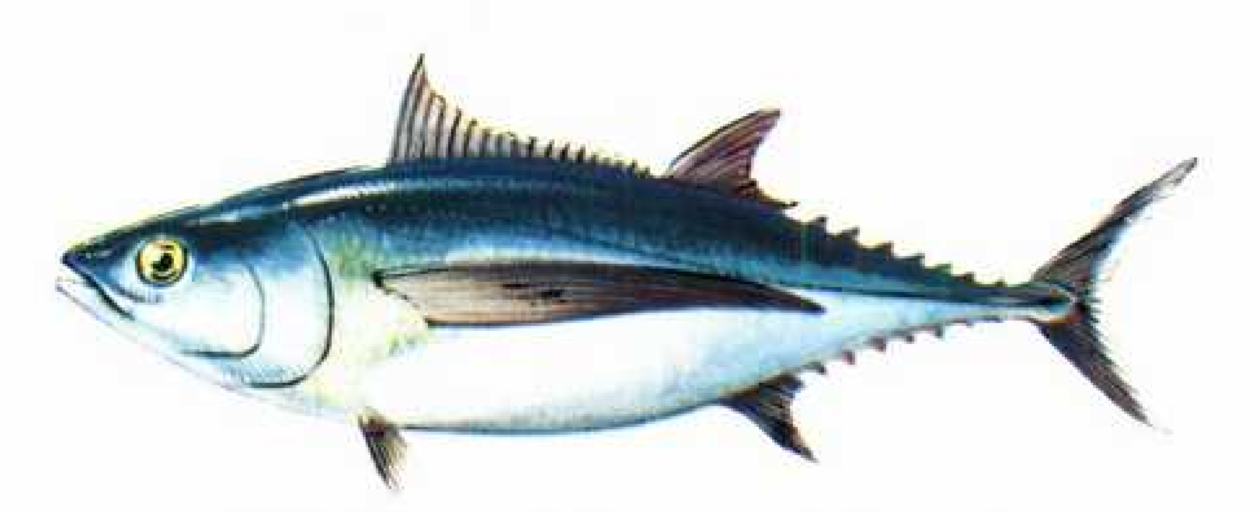
Caballa (Scomber scombrus)
Vive en grandes bancos en el océano Atlántico, en el Mediterráneo y en el mar Negro.



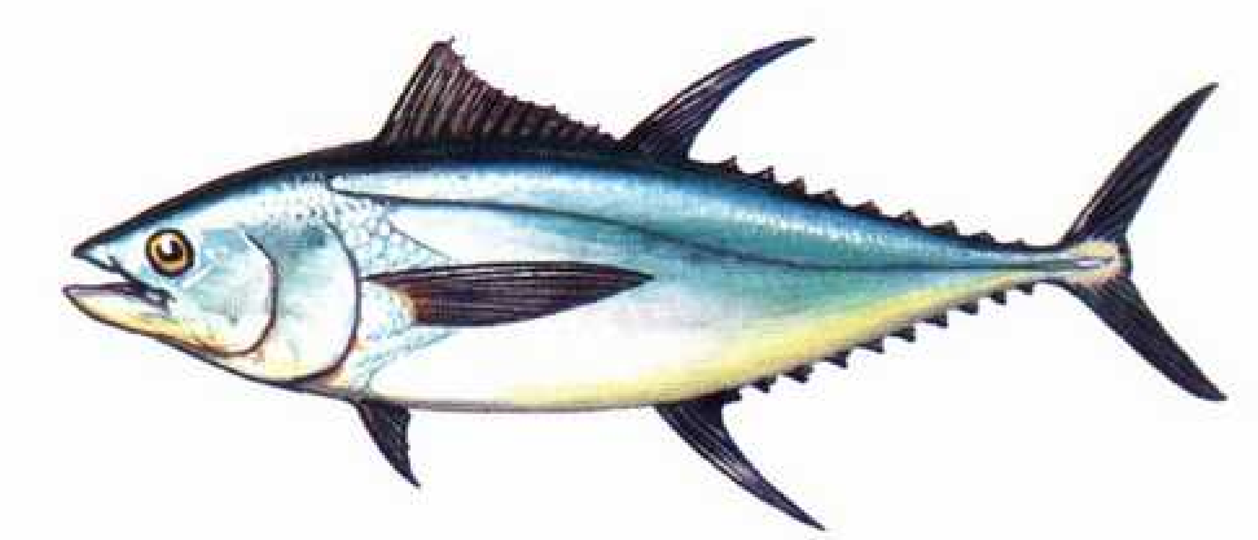
Estornino (Scomber japonicus)
Vive en las aguas cálidas y templadas de la totalidad de los océanos, incluido el Mediterráneo.



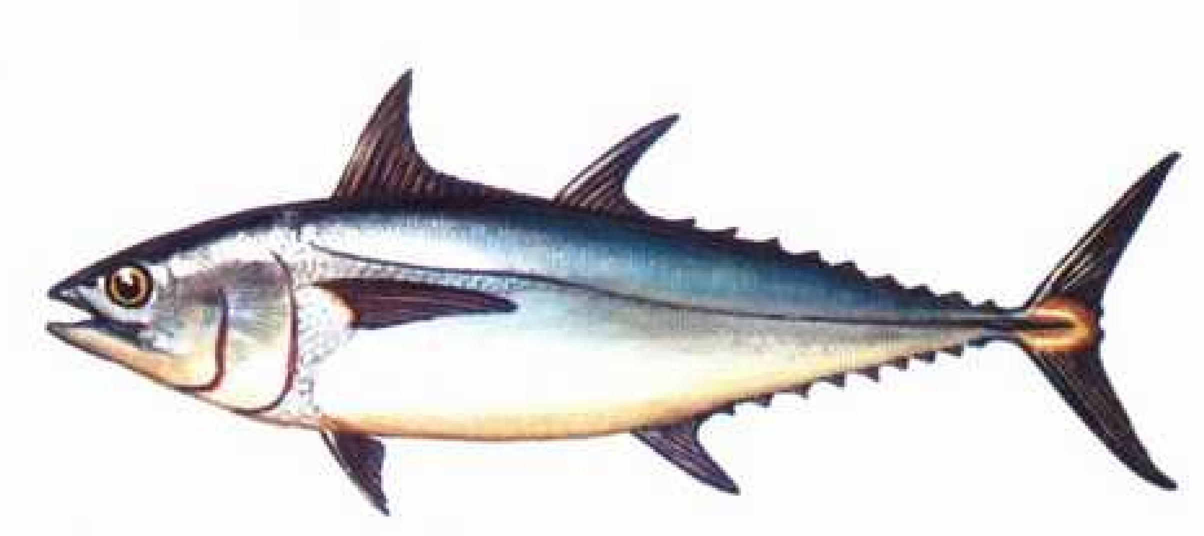
Bonito de altura (Euthynus pelamys)
Vive en grandes bancos en los mares templados y cálidos del globo terrestre.



Atún blanco (Thunnus alalunga)
Vive en las aguas cálidas, tropicales y subtropicales de todos los océanos y en el Mediterráneo, pero no existe en el Pacífico oriental.



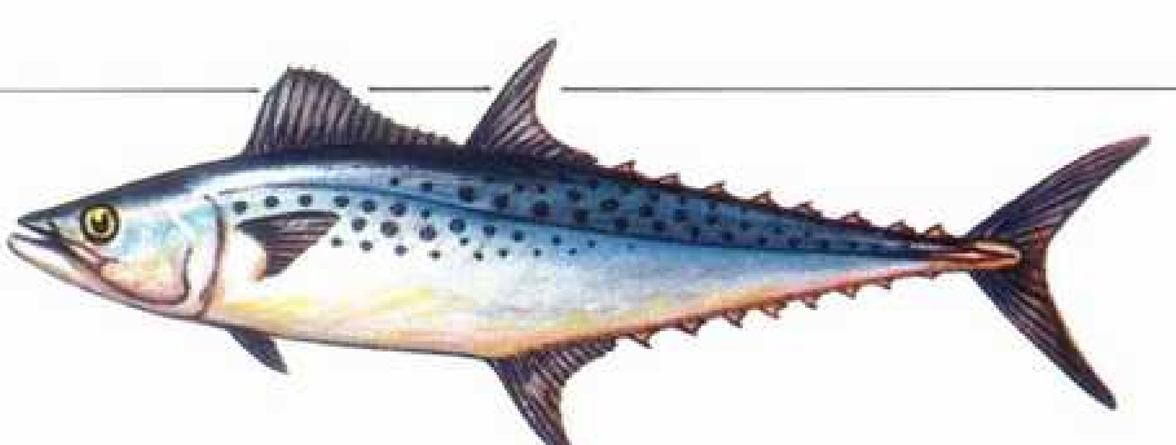
Albacora (Thunnus albacares)
Vive en las aguas tropicales y subtropicales del océano Atlántico, del Indico y del Pacífico.



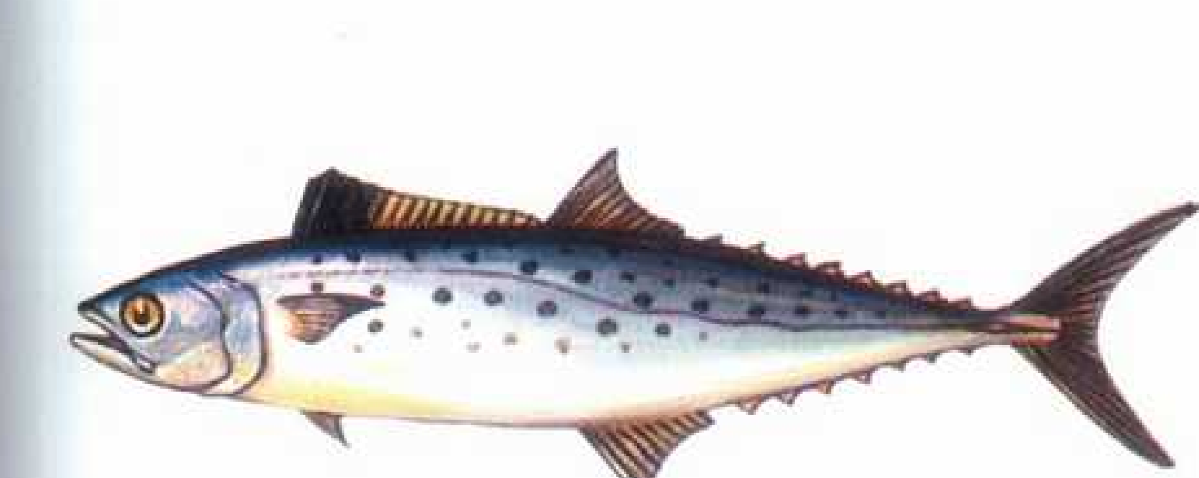
Kawakawa (Euthynus affinis)
Vive en las aguas cálidas del océano Atlántico, del Mediterráneo y del mar Negro.



Tongol (Thunnus tonggol)
Vive en las aguas cálidas del océano Indico y en el Pacífico occidental.



Estornino real (Scomberomorus guttatus)
Vive en el océano Pacífico y en el Indico, desde las costas del Japón hasta las de la India.



Estornino manchado (Scomberomorus maculatus)
Vive en las costas del Atlántico occidental, desde Massachusetts a la península del Yucatán.



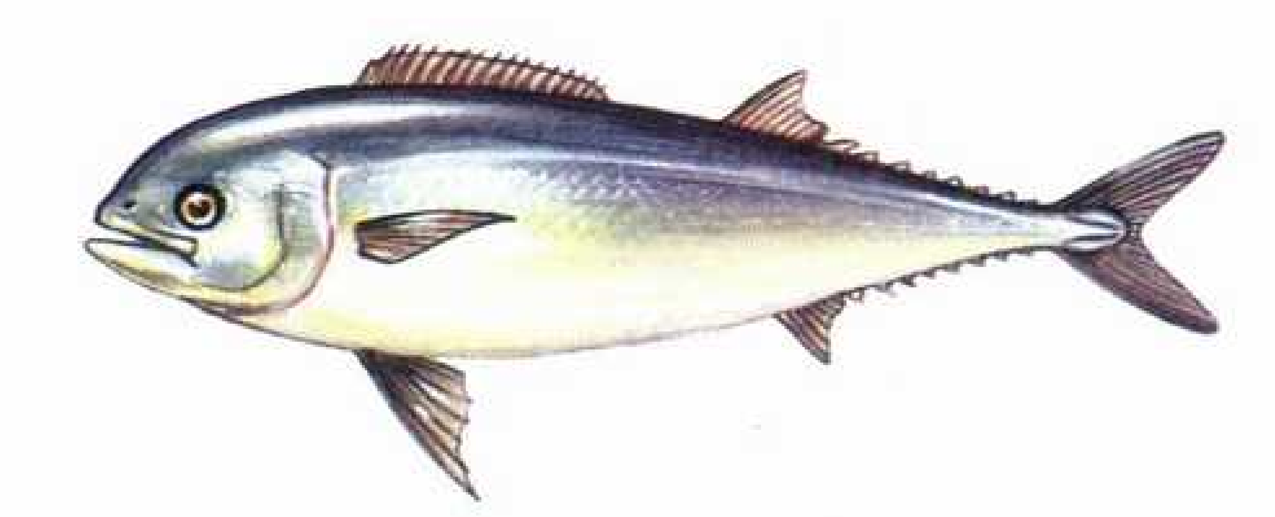
Wahoo (Acanthocybium solandri)
Vive en las aguas tropicales y subtropicales de los tres grandes océanos, así como en el Mediterráneo.



Bonito saltador (Cybiosarda elegans)
Vive cerca de las costas septentrionales de Australia y de las meridionales de Nueva Guinea.

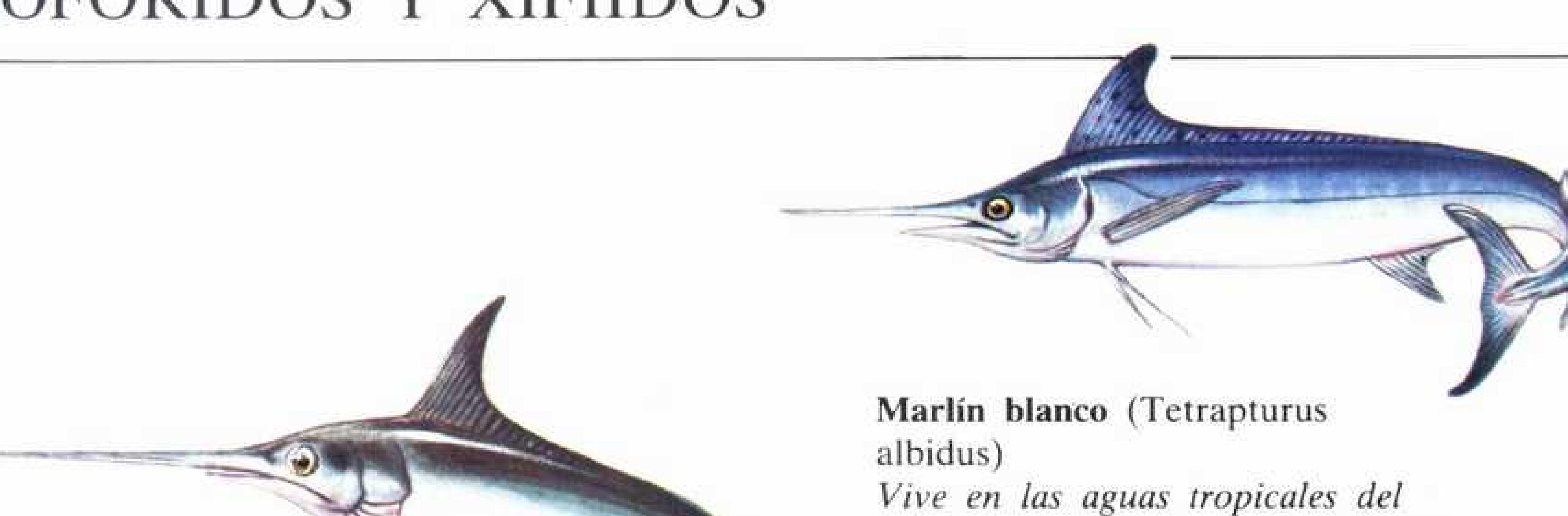


Rastrellinger (Rastrellinger faughni)
Vive en el mar de Filipinas, de Taiwán, de Nueva Guinea y del archipiélago indonesio.



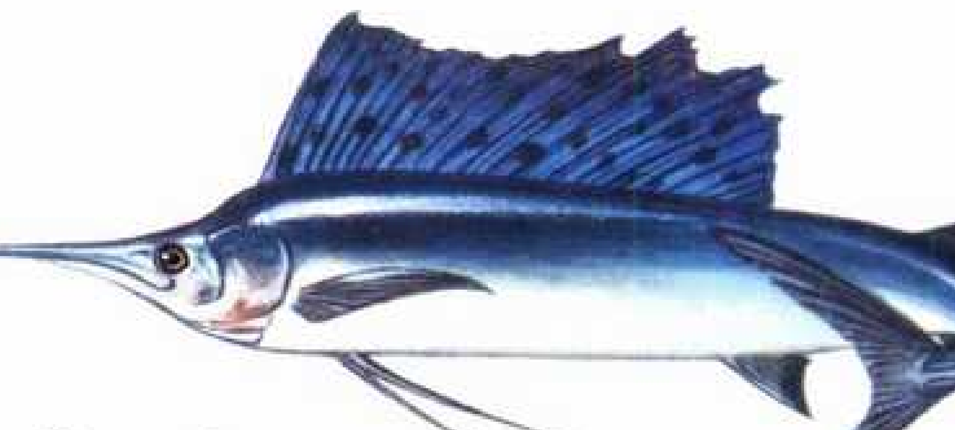
Gasterochisma (Gasterochisma melampus)
Se encuentran pequeñas formaciones de esta especie en la casi totalidad de los mares del hemisferio boreal.

ISTIOFORIDOS Y XIFIIDOS

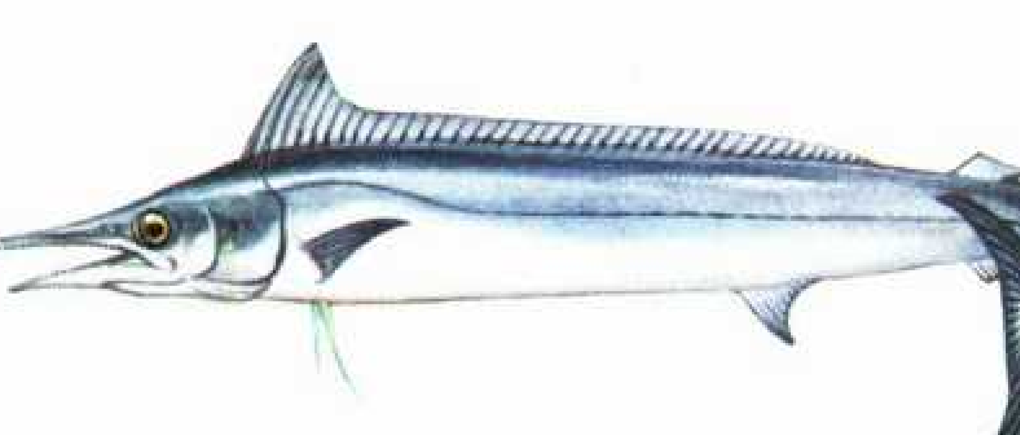


Marlín blanco (Tetrapturus albidus)
Vive en las aguas tropicales del Atlántico y penetra ocasionalmente en el Mediterráneo.

Pez espada (Xifias gladius)
Vive en las aguas tropicales y subtropicales del océano Atlántico, del Pacífico y del Indico.



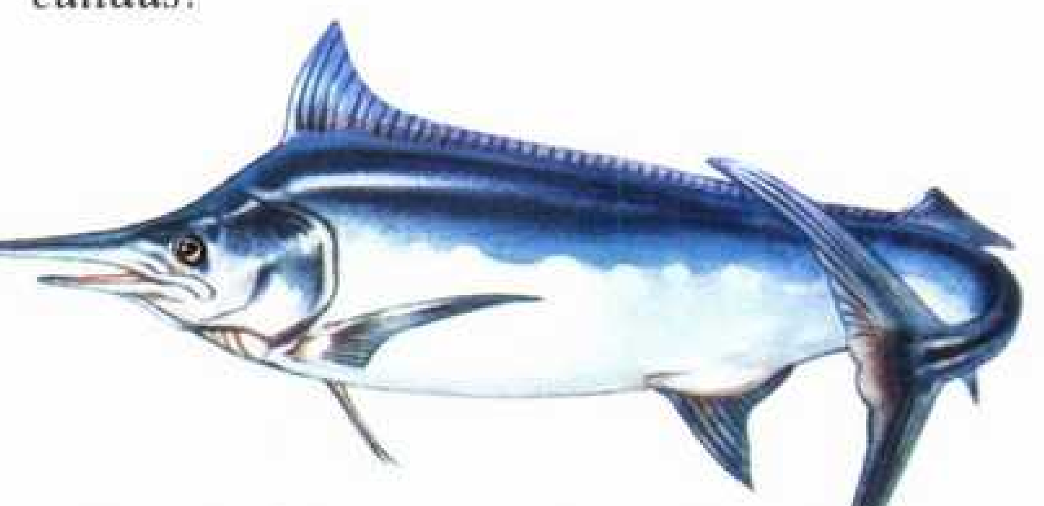
Pez vela (Istiophorus platypterus)
Tiene una distribución muy amplia en los tres grandes océanos. Prefiere, sin embargo, las aguas cálidas.



Marlín (Tetrapturus belone)
Se encuentra en las regiones más cálidas del Mediterráneo, así como en el Atlántico tropical.



Marlín rayado (Tetrapturus audax)
Vive en las aguas más cálidas del océano Indico y del Pacífico.



Marlín azul (Makaira nigricans)
Vive en los mares templados y cálidos de la casi totalidad del globo.

Los otros recursos pelágicos



La alta mar cobija a muchos otros animales interesantes para los pescadores. Entre ellos hay que citar a los tiburones. En algunos países son muy apreciados. En el Japón se capturan anualmente unas 7.000 toneladas, sobre todo de tiburones azules. No hay duda que la pesca de los escualos podría desarrollarse en la mayoría de los mares del globo. Sin embargo, la carne de estos animales no es comestible en su totalidad. Se aprovecha el hígado, que produce un aceite muy rico en vitamina D (antirraquítica), incluso más que el hígado de bacalao.

Los tiburones son capturados mayoritariamente con sedal. Este método no permite rendimientos excepcionales. De cualquier forma, son animales más bien solitarios, que sólo se reúnen cuando devoran una gran pieza. Se conocen al menos dos ejemplos de sobrepesca que han tenido consecuencias ecológicas desastrosas. El primero es el de la pintarroja de la Columbia Británica; se cogieron 8.000 toneladas de estos animales en 1964, pero tan sólo dos años más tarde únicamente se capturaron 1.400 toneladas.

Otro ejemplo es el del lago Nicaragua. Los tiburones *Carcharinus nicaraguensis,* perfectamente adaptados a las aguas dulces, remontaban hacia estas aguas poco profundas. La familia del dictador Somoza cedió un buen día una concesión de pesca a los coreanos, que en dos temporadas hicieron descender dramáticamente la población de escualos.

La riqueza potencial del mar en tiburones explotables es real, pero limitada. Además de la pintarroja *(Scyliorhinus),* que ya podemos encontrar en algunos mercados, se podrían explotar algunas poblaciones de los géneros *Prionace, Carcharinus,* etc. La especie *Brama japonica* parece ser abundante en algunas zonas del Pacífico norte.

Exceptuando a los peces, las riquezas de alta mar son escasas. Se ha hablado de recolectar plancton, pero varios obstáculos hacen difícil esta recogida. El más importante de ellos es que no todos los tipos de plancton son comestibles para el hombre o los animales domésticos. Algunas especies, como los *Gymnodinium* y las *Gonyaulax,* las responsables de las famosas mareas rojas, son francamente tóxicas.


Los únicos animales planctónicos realmente interesantes serían los crustáceos (anfípodos, isópodos, galateidos, etc.). Pero en este caso se plantea otro problema que se opone a su captura: aunque presentes en bancos innumerables, estos animales están demasiado dispersos en el agua como para dar lugar a una cosecha económicamente rentable. Se ha calculado que habría que gastar entre cinco y veinte veces más energía (en especial, de combustible para barcos) para obtener una tonelada de plancton que para la misma cantidad de arenques. En estas condiciones, muy pocos armadores se sienten tentados por esta aventura. Los únicos crustáceos planctónicos que forman concentraciones suficientes como para despertar el interés de los pescadores son las gambas eufasiáceas *(Euphasia superba)* de las aguas polares, que llamamos, según la apelación noruega, *krill.* Estos pequeños animales pululan durante el verano en los océanos Artico y Antártico, y representan la mayor parte de la dieta de las ballenas, de los pingüinos y de algunas focas.

En Japón, Alemania Federal, Estados Unidos y la Unión Soviética se ha estudiado si es factible (técnica y económicamente) cosechar el *krill.* Se piensa que es una actividad potencialmente interesante. Pero los ecologistas temen, con razón, que los barcos inicien este tipo de captura.

El mar es en realidad muy similar al desierto. Muy pobre en cuanto a vida en lo esencial de su volumen, cuenta con unos pocos oasis en los que pululan los animales. Pero estos oasis son frágiles. Si el hombre los explota masivamente, acaba por destruirlos.

Las investigaciones de los oceanógrafos permiten descubrir de vez en cuando un ecosistema privilegiado. Se encontraron así las enormes concentraciones de cangrejo rojo *(Pleurocodes planipas)* en alta mar frente a las costas de California; no sería imposible coger de 10.000 a 25.000 toneladas de estos animales anualmente. Estas estimaciones son, sin embargo, azarosas. Además, los pescadores tienden a sobrepasar los cupos fijados, a comerse el «capital-natural» en vez de contentarse con los «intereses», es decir, con el excedente anual de la producción biológica.

La recogida del «krill». *En la actualidad se estudia la rentabilidad y la posibilidad de cosechar* krill, *esas pequeñas gambas planctónicas de la familia eufasiáceas que pululan en verano en las aguas polares. El* krill *contiene efectivamente muchas proteínas, y es probable que su explotación fuera interesante. Pero se correría el riesgo de desequilibrar los delicados ecosistemas de los océanos polares. Y, por supuesto, la recogida sería probablemente nefasta para las últimas grandes ballenas y rorcuales.*



La revolución azul

La tecnología de la acuicultura

La palabra acuicultura puede parecer bastante extraña, ya que significa exactamente «cultivo del agua». En realidad designa a todas las actividades que consistan en cultivar plantas o criar animales en el agua, tomando al agua como soporte, como medio nutricio. La acuicultura agrupa a las actividades que conciernen tanto al agua dulce como a la salada (para estas últimas se emplea a veces el término restrictivo de maricultura).
En tierra firme, la agricultura y la ganadería se inventaron hace unos 10.000 años, probablemente en varios focos de civilización simultáneamente (Egipto, Mesopotamia, cuencas del Indo y del Yang-tse Kiang). En esta época, el hombre dejó de dedicarse a las actividades de simple recolección y de caza. Invirtió su trabajo para producir su alimento, escogiendo un pequeño número de especies vegetales y animales, y mejorándolas mediante la labor de selección e hibridación.





En el mar, esta evolución esencial (llamada Gran Revolución del Neolítico) todavía no se ha llevado a cabo. La pesca es una actividad prehistórica de simple recolección o caza, pero para la cual los hombres utilizan los más modernos instrumentos de detección y materiales de captura. Es la razón por la cual se ha hecho tan destructiva.
Va siendo hora de que pensemos en cultivar realmente el mar, y en criar a las especies que queremos comer. ¿Conseguirá esta «revolución azul», como es llamada también a menudo por referencia a la famosa «revolución verde» de los años 1960, alimentar a la humanidad? Algunos creen en ello, pero no conviene pecar de optimistas. El mar es difícil de domesticar, más difícil que la tierra. Para que pueda cumplir sus promesas, nuestras contaminaciones y saqueos deberán dejar de estropearlo y de disminuir su poder de creación y de mantenimiento de vida.
La agricultura se ha transformado profundamente en los últimos 100 ó 150 años. La mecanización del trabajo, la aparición de abonos artificiales, la selección de nuevas variedades de plantas y de animales han permitido multiplicar por más de diez sus rendimientos en este período.
La revolución biológica que se avecina (cultivos hidropónicos, clonajes, manipulaciones genéticas, hibridaciones interespecíficas, etc.) debería acelerar esta mutación.
No hemos llegado a este nivel en acuicultura. No ha hecho más que empezar. El hombre se encuentra con las plantas y los animales del mar en el mismo punto que sus antepasados de la revolución neolítica: debe escoger las mejores especies y modificar poco a poco el entorno marino para permitir que se desarrollen, para favorecerlas. Esta selección, habida cuenta de nuestros conocimientos científicos, no se hará al azar. Los genéticos nos ayudarán en esta tarea.
El desarrollo rápido de una acuicultura digna de este nombre requiere una estre-



Cultivar el agua. *El hombre abandonó la caza y la recolección e inventó la agricultura y la ganadería en tierra firme hace unos diez mil años, durante la gran revolución neolítica. En el mar nos hemos quedado en la fase de caza y recolección, con la diferencia de que somos 4,5 mil de millones de habitantes (frente a algunas decenas de millones en el Neolítico), y de que tenemos medios industriales de localización y de captura de los animales. Va siendo hora de que pasemos a la era de la acuicultura. Página de la izquierda: el laboratorio de una estación de acuicultura y un estanque para la cría de las gambas. Arriba, un estanque de agua dulce sembrado de jacintos para la producción, a partir de esta planta, de biogás.*

cha colaboración entre numerosas disciplinas científicas: oceanógrafos, biólogos, microbiólogos, genéticos, especialistas en nutrición, economistas y ecólogos han de reunir sus conocimientos. El enfoque pluridisciplinario —para emplear una palabra de moda— es indispensable. El especialista en fotosíntesis deberá hacer que la producción primaria del plancton sea óptima; el especialista del plancton, que el rendimiento del zooplancton mejore; el ictiólogo tendrá que seleccionar a los mejores peces que criar; en definitiva, habrá que formar auténticos veterinarios de peces, etc.

Parece imposible controlar la totalidad de los factores que rigen el desarrollo de una especie (factores abióticos: temperatura, salinidad, luz; factores bióticos: relaciones depredador-presa, parásitos simbióticos, etc.), pero cuantos más controlemos, más nos acercaremos al ideal. Aunque el agricultor terrestre está todavía expuesto a los caprichos del clima, puede predecir bastante bien el rendimiento de sus campos. Tendremos que llegar un día a ese punto en acuicultura.

En todos los campos habrá que invertir tiempo y dinero, ya sea en el cultivo de pequeños crustáceos como *Artemia salina*, en la producción de organismos de talla media como *Spirulina*, ostras, mejillones, sardinas, lenguados, lubinas o salmones...

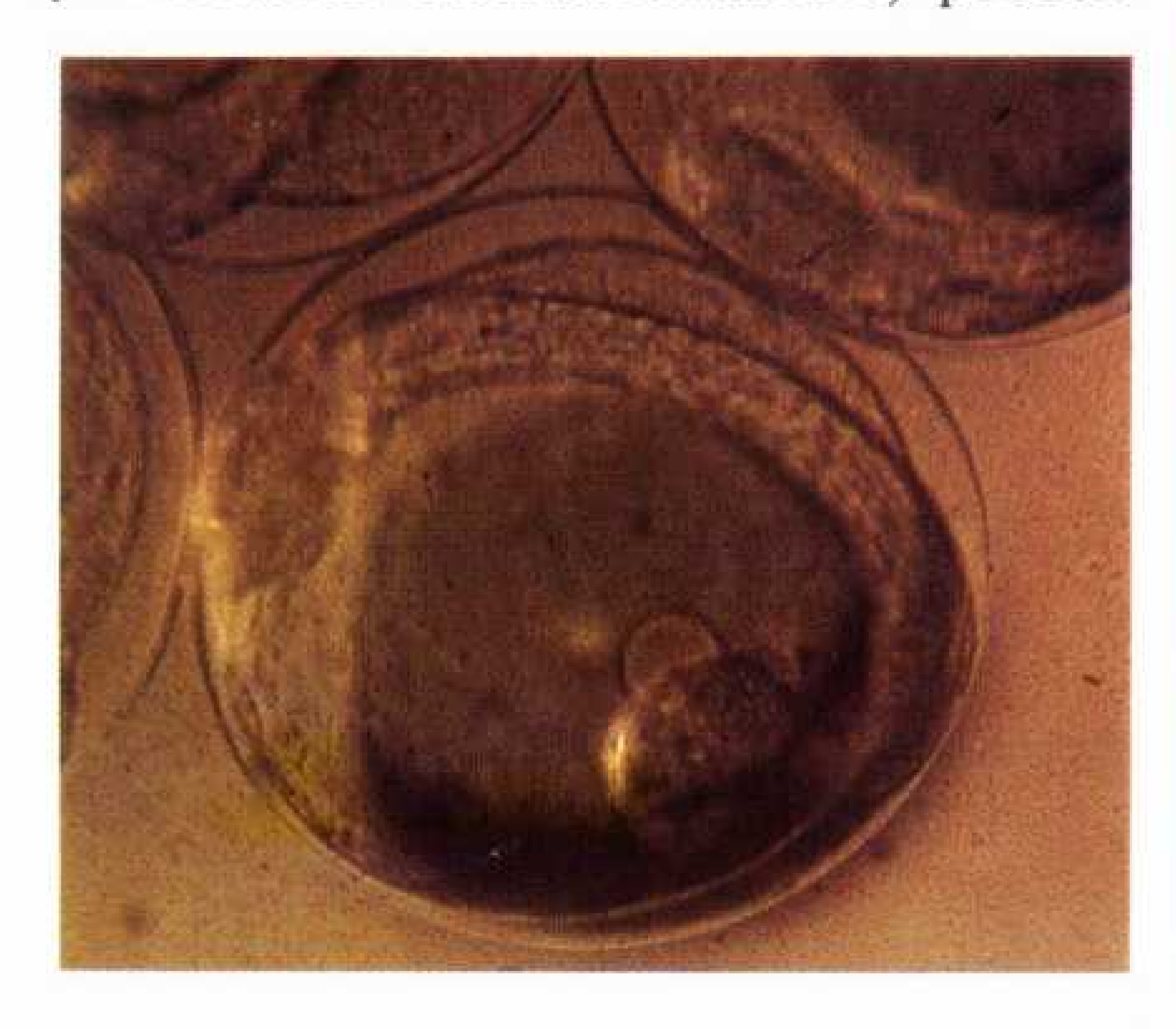
Los medios utilizados

PARA empezar un cultivo, lo más fácil es utilizar una laguna costera natural que se comunique con el mar por un canal. Este puede abrirse o cerrarse según se quiera, y una serie de rejas impiden simultáneamente la entrada de los depredadores de mar abierto y la salida de los animales que criamos. Es una solución que permite solventar una parte de los problemas de alimentación, ya que el plancton que llega de alta mar fertiliza permanentemente el agua de cultivo. Sin embargo, en este tipo de dispositivos, sólo se pueden controlar parcialmente datos tan importantes como la temperatura del agua, su salinidad o la presencia de organismos patógenos (bacterias, hongos, parásitos, etc.).

En general, los peces desovan en zonas protegidas de los ríos, lagos o los mares. Los huevos eclosionan, y las larvas que salen de ellas (alevines) se desarrollan a partir del plancton vegetal y animal. A medida que crecen, la alimentación va cambiando. Cuando llegan al estado adulto, tienen a menudo una dieta totalmente diferente a la que les caracterizaba siendo jóvenes. La mayor dificultad de la acuicultura consiste en reconstruir esta evolución trófica. Generalmente es bastante fácil hacer que eclosionen los huevos y alimentar a los alevines durante sus primeros días de vida. Pero las cosas se complican rápidamente. Al crecer, los animales pueden tener otras exigencias ecológicas (temperatura y salinidad del agua, tasa de oxigenación, cantidad de luz, etc.). Es muy difícil que se pueda llevar a cabo en un solo estanque el crecimiento completo de una especie: en general se necesitan tantos estanques como etapas en la vida del animal. De cualquier forma, muchos peces son caníbales: no dudan en comerse los huevos y los jóvenes de su propia especie.

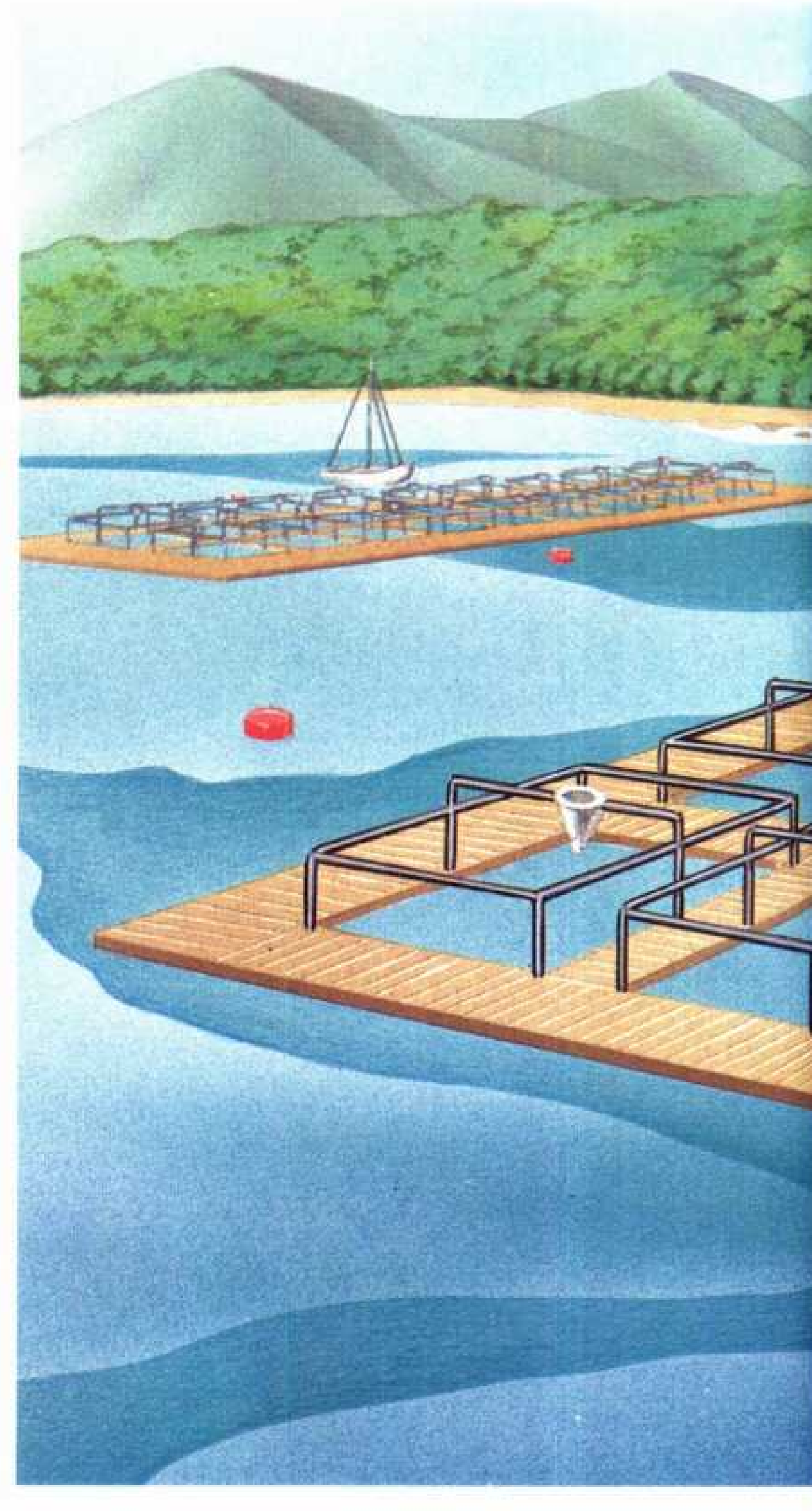
Los estanques de gran superficie deben ser divididos en cubetas más pequeñas y más fácilmente controlables. Se preparan lugares de desove y de eclosión (totalmente aislados, para evitar que los jóvenes sean devorados masivamente por sus depredadores habituales, como ocurre en la naturaleza.) Las primeras semanas de vida de los alevines deben transcurrir en absoluta seguridad, en lugares casi cerrados. En este estadio, la alimentación proviene a menudo del plancton llegado de mar abierto; pero se empieza a saber «hacer crecer» al plancton en otros estanques, y se enriquece así artificialmente el medio acuático en el que se desarrollan los jóvenes.

La alimentación de los subadultos y de los adultos plantea mayores problemas. Tendremos ocasión de volverlo a ver: es una de las cuestiones primordiales que condicionan el futuro de la acuicultura. Otro problema muy difícil de resolver es el de la invasión de los estanques de cría por los parásitos. Los virus, las bacterias y los hongos microscópicos, cuyo efecto patógeno es a menudo muy poderoso, no pueden ser rechazados de forma mecánica. La lucha contra los parásitos es competencia de los veterinarios (vacunas, utilización de antibióticos, de fungicidas). Los parásitos de mayor tamaño (gusanos y crustáceos fundamentalmente) pueden



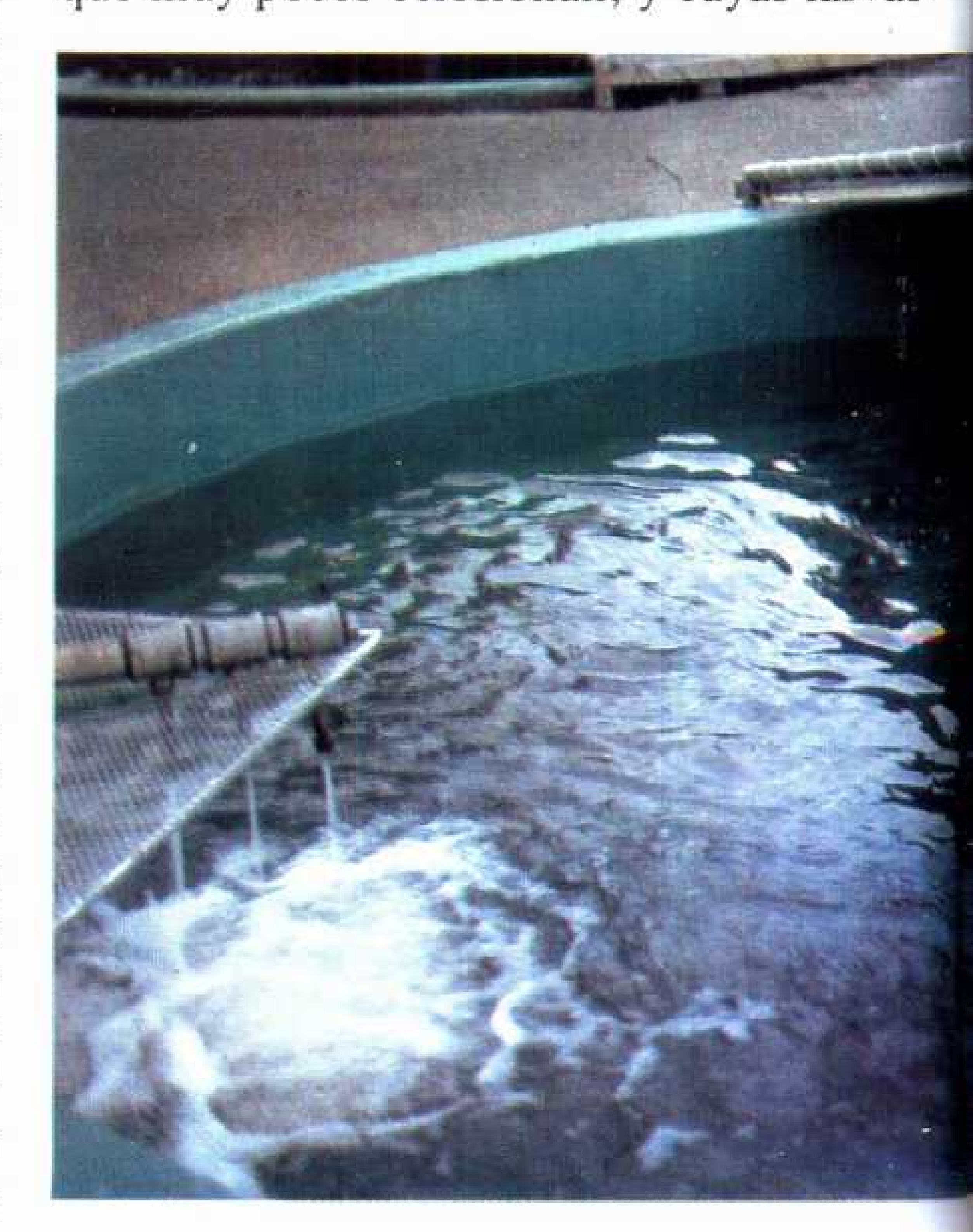
también poner en peligro los cultivos. Se impide que penetren en los estanques colocando filtros especiales. Se está probando actualmente la eficacia de algunas «barreras» sonoras o eléctricas. Si, a pesar de todo, consiguen penetrar en los cultivos, se les elimina con medios químicos o biológicos.

Una buena manera de aislar a las unidades de cría del resto del entorno consiste en soltar de forma ininterrumpida entre los dos sistemas rosarios de burbujas de aire. Es así como el Ministerio de Pesca y Medio Ambiente protege en Canadá los estanques de salmones de la isla Albernia (Columbia Británica), los estanques de truchas arco iris de los lagos Bras-D'Or (Quebec) y los de atunes rojos de la bahía Santa Margarita (Nueva Escocia). Cada vez más se está orientando la acuicultura hacia la puesta a punto y explotación de auténticas «granjas» marinas. La analogía con la cría de bovinos no es fortuita, aunque los problemas sean diferentes y más complicados de resolver en el mar que en tierra firme. El nombre de granjas marinas se aplica a unidades integradas en las que las diversas etapas del desarrollo de los peces, desde el desove hasta la edad adulta, pueden ser controladas. Los animales van pasando de un estanque a otro a medida que van creciendo. Tienen siempre las condiciones ideales (temperatura, salinidad, oxigenación,



luz, espacio, alimento) correspondientes a su estado de desarrollo.

Los organismos más fáciles de criar son evidentemente los que no se mueven o que se mueven muy poco, como los moluscos fijos de algunas comunidades bentónicas. Los primeros resultados en la acuicultura se consiguieron con los mejillones y las ostras. Estos bivalvos ponen cantidades fenomenales de huevos, de los que muy pocos eclosionan, y cuyas larvas



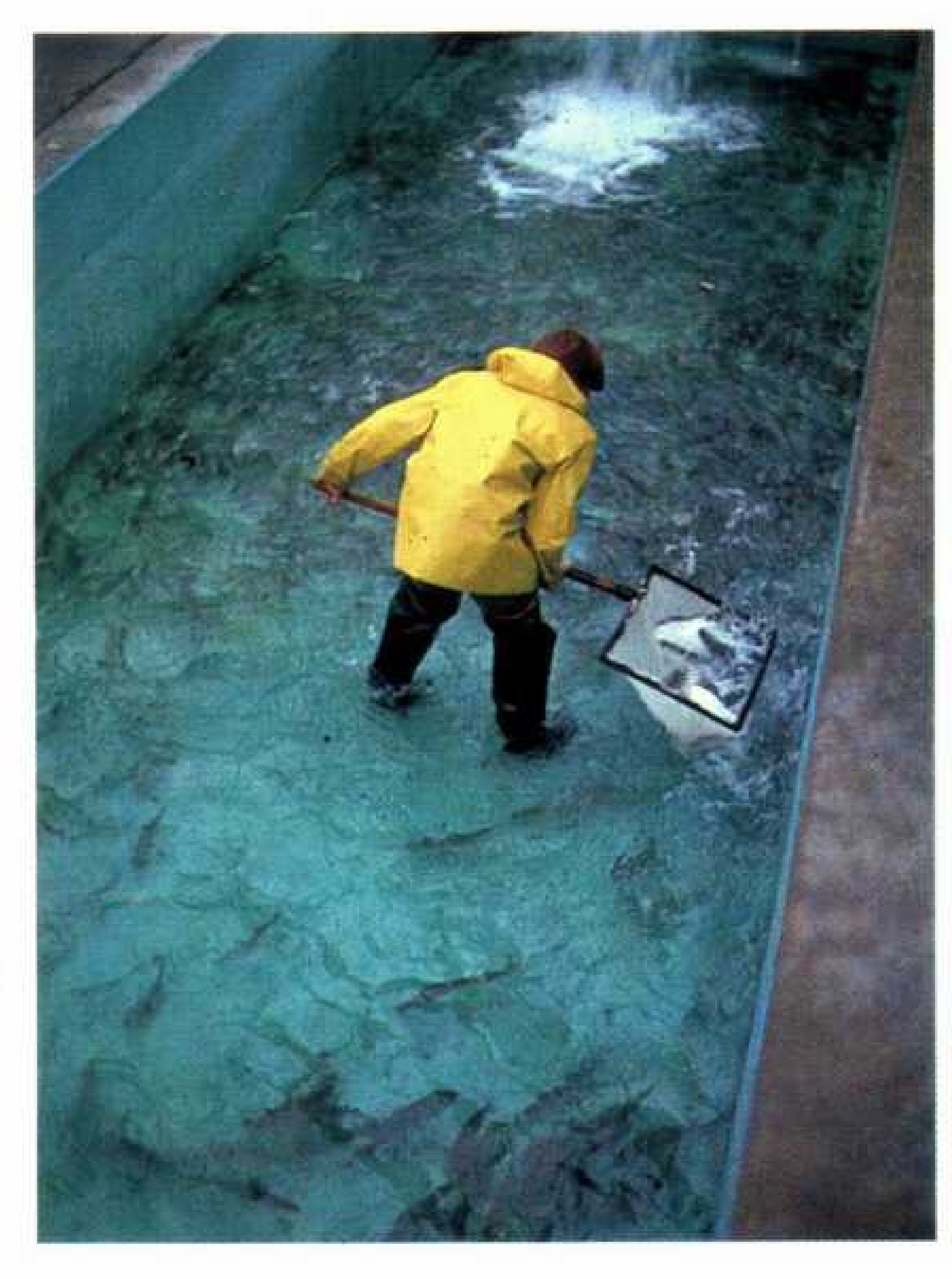
son devoradas en su gran mayoría. Quedan, sin embargo, suficientes como para colonizar grandes substratos en el momento de la metamorfosis. El hombre aprendió hace siglos a colectar esta semilla, disponiendo cerca de las costas soportes sobre los que se fijan las larvas preparadas para metamorfosearse en jóvenes adultos.

El cultivo de los mejillones y la ostricultura constituye lo que podríamos llamar, por analogía con la ganadería continental, métodos de acuicultura extensiva. Se trata de domesticaciones de especies interesantes que son cultivadas mejorando muy poco la productividad natural del medio. Se favorecen las especies escogidas (protegiéndolas contra sus principales depredadores y eliminando a sus competidores), pero no se aumenta de forma significativa el rendimiento final del biotopo.

La acuicultura intensiva, como la agricultura y la ganadería intensivas en tierra firme, supone un enriquecimiento del ecosistema de una forma u otra, hacerlo artificialmente y que se favorezcan las relaciones directas entre la producción fotosintética de base y los animales que queremos criar. Es un método totalmente distinto, que se une a la línea de investigación actual de la experimentación agroalimentaria.



Una granja marina. *El plano de la granja marina de arriba ha sido sacado de la publicidad de una multinacional, que piensa poder dominar todo el ciclo vital de varias especies en este tipo de instalaciones, desde la fecundación y la eclosión de los huevos hasta el engorde definitivo de los adultos destinados al mercado. En esta doble página, de izquierda a derecha: huevos fecundados, un estanque de cría de alevines, traslado de subadultos a su estanque terminal, y peces ya engordados.*





La selección de las especies

Los animales que se quiere domesticar para las necesidades de la acuicultura se seleccionan en primer lugar en función de su rentabilidad comercial. Pero el precio de venta es a veces difícilmente conciliable con su «precio ecológico». La elección no resulta fácil.

De forma global, si el mar debe contribuir a alimentar a la humanidad hambrienta, sería lógico escoger animales situados muy abajo en la pirámide alimentaria, y —por qué no— herbívoros. En la tierra son frecuentes estas cortas cadenas (hierba, rumiante, hombre). Desgraciadamente es difícil encontrar en el mar grandes peces que coman hierbas marinas o algas. Casi siempre, las plantas son comidas por herbívoros de pequeño tamaño, poco apreciados por el público. Son sólo los carnívoros de primer orden o incluso del segundo los que interesan a los compradores. Por el momento se han realizado pocas investigaciones para intentar encontrar equivalentes marinos de la vaca o de la oveja. Tal vez incluso no existan. A lo mejor deberíamos criar pequeños crustáceos, y no grandes peces. Porque, por supuesto, cada vez que subimos un peldaño de la pirámide alimentaria, perdemos alrededor del 90 por 100 de la biomasa.

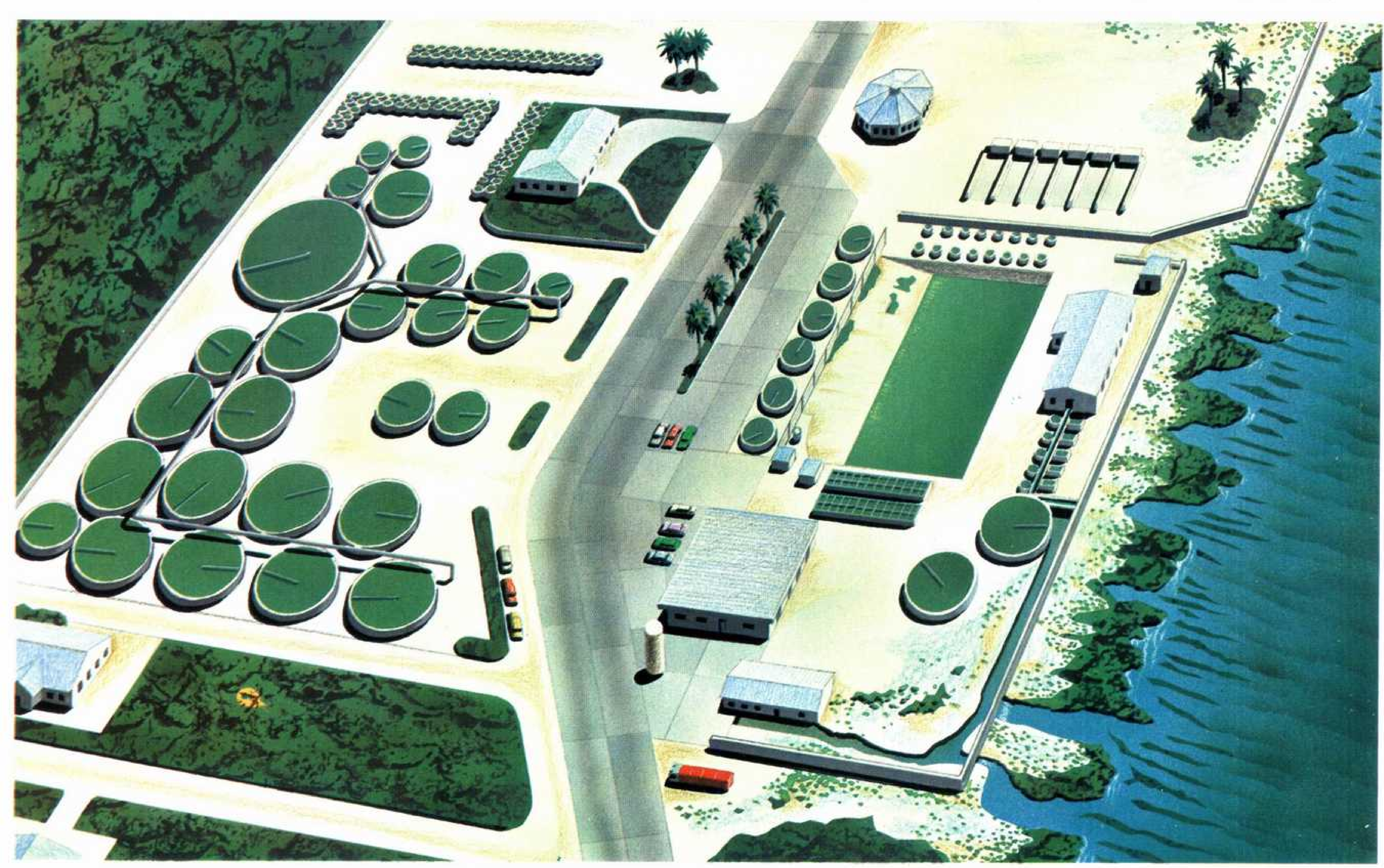
Existen centenares de especies de plantas o de animales susceptibles de servir como alimento al hombre. Entre las especies que han sido criadas desde hace tiempo, podemos citar, para el agua dulce, a las carpas (especialmente *Cyprinus carpio*) y las truchas (sobre todo la trucha arco iris). En el mar se han criado ostras *(Ostra* y *Crassostrea)* y mejillones *(Mytilus)*. Las anguilas han sido cebadas desde hace siglos en Italia y en Francia; las morenas, en la Roma antigua, etc.

Una especie adecuada para su cultivo debe reproducirse fácilmente, y sobre todo proporcionar una gran cantidad de huevos y de jóvenes. Asimismo, ha de ser fácilmente alimentada, es decir, contentarse con alimentos variados, baratos y abundantes. Debe también tolerar vivir en un medio necesariamente exiguo, en compañía de numerosos congéneres (por lo tanto, no ser demasiado agresiva ni, por supuesto, caníbal). Ha de ser poco exigente en cuanto a las condiciones ambientales (temperatura del agua, salinidad, tasa de oxígeno disuelto). Tiene que resistir bastante bien las enfermedades víricas, bacterianas y fúngicas, y a los parásitos de mayores dimensiones. Por fin, debe ser, por supuesto, comercialmente interesante, es decir, poseer una carne alimenticia y afamada.

Si hacemos una lista de las especies interesantes actualmente, observaremos que son muy pocas. A la trucha, el salmón, la anguila, la carpa, la ostra y el mejillón, que son de alguna manera los «antepasados» de la acuicultura, hay que sumar los peces planos: el lenguado *(Solea vulgaris)*, el rapante *(Scophtalmus rhombus)*, el rodaballo *(Psetta maxima)*, las diferentes tilapias, la lubina *(Dicentrarchus labrax)*, la dorada *(Spaurus auratus)*, el pompano *(Trachinopus carolinus)* y algunos más. Entre los crustáceos, los más buscados son también sobre los que trabajan más los acuicultores: nécoras, langostas, bogavantes, langostinos.

En los moluscos, las investigaciones se dirigen (además de hacerlo hacia las ostras

La cría de las tortugas. *La carne y el caparazón (concha) de estos reptiles quelonios, que van escaseando en la naturaleza, son muy buscados. Varios países han empezado a estudiar instalaciones de queloniculturа (abajo). Funcionan ya perfectamente en Florida, Filipinas, Taiwán, etc. Los huevos son recogidos en las playas a las que los adultos vienen a poner y se les incuba artificialmente. Los jóvenes, protegidos de sus enemigos naturales (fragatas, o rabiahorcados, peces carnívoros), crecen así rápidamente y van pasando por varios estanques a medida que su talla aumenta (serie de fotografías superpuestas a la derecha).*







y los mejillones) hacia las vieiras *(Pecten)* y las orejas de mar. Las técnicas de la acuicultura están en sus primeros pasos. Se ha observado que, al igual que ocurre con la agricultura, resulta preferible partir de especies ya implantadas en la región acuática que queremos explotar. Es mejor que intentar importar especies exóticas, tal vez más productivas, pero que tendrán dificultades en adaptarse a las condiciones ecológicas locales. Así, en aquella región será preferible intentar domesticar a las tortugas marinas antes que a los lenguados. De esta forma se producirán normalmente salmones en las aguas frías, y pompanos en las cálidas. En teoría se podría hacer a la inversa, pero las dificultades son ya suficientemente numerosas...

El equipo tecnológico, por su parte, tiene que progresar y automatizarse; es seguro que en el futuro lo esencial de las operaciones de control de los parámetros ecológicos en los estanques (temperatura, oxigenación, salinidad, etc.) serán confiados a ordenadores. Las fases «sensibles» del ciclo de las especies (en especial la reproducción, la eclosión de los huevos y los primeros días de la existencia de las larvas) serán vigiladas por los biólogos. Pero las manipulaciones posteriores (cambios de estanque, alimentación, pesca, matanza, preparación) se mecanizarán.







La cría del pompano. *El gran pez tropical pompano* (Trachinopus carolinus) *es ya objeto de una acuicultura de carácter comercial en Florida (arriba). Este pez crece con rapidez y se contenta con una alimentación variada y poco costosa.*

La reproducción



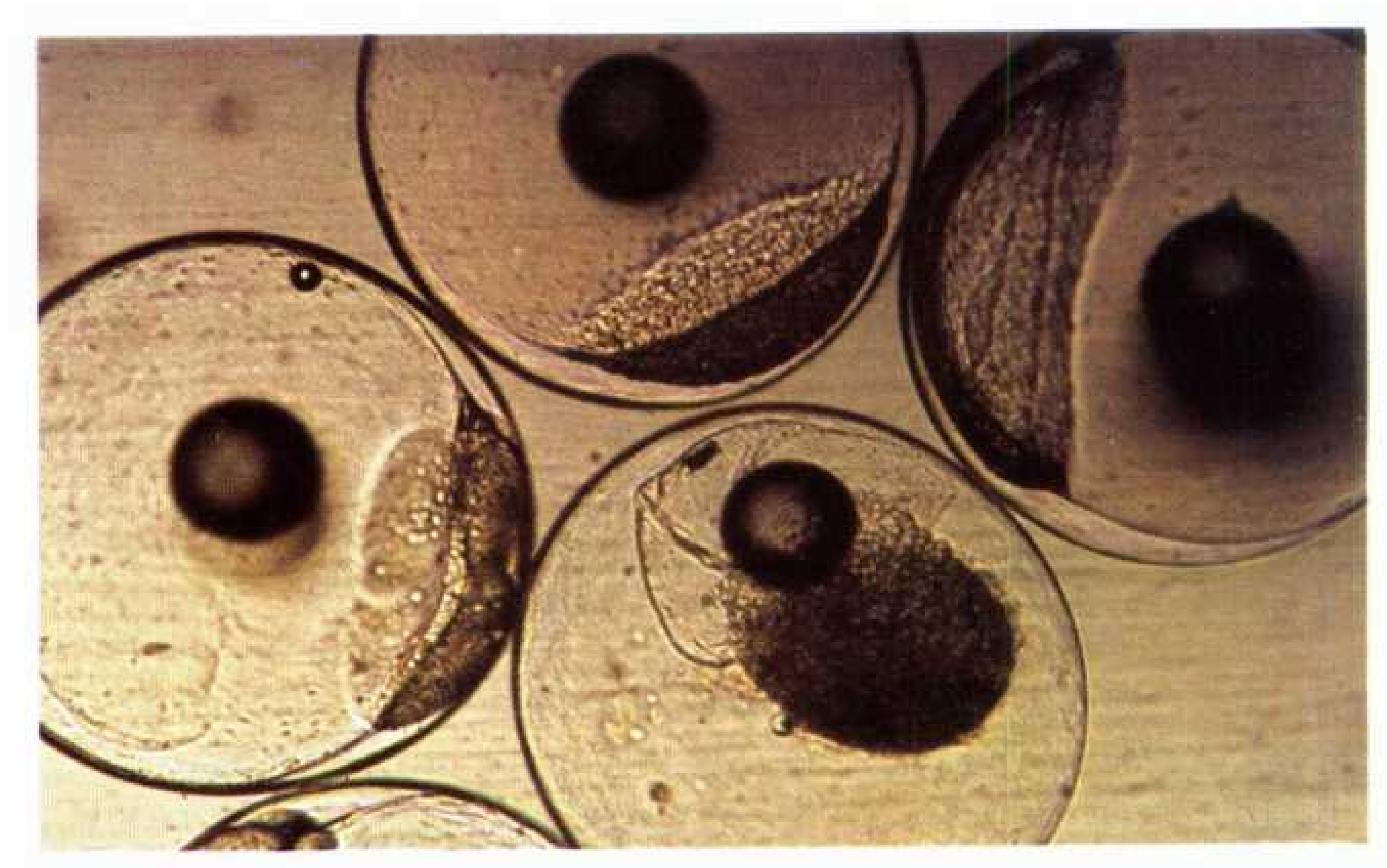
En el Extremo Oriente se crían carpas desde tiempos remotos, al menos desde tres mil o cuatro mil años. Este cultivo empezó en Occidente tan sólo seiscientos años atrás. Las carpas son peces casi ideales para su domesticación: se reproducen fácilmente, se alimentan casi de cualquier cosa, resisten bien las enfermedades y producen una gran cantidad de carne consumible.

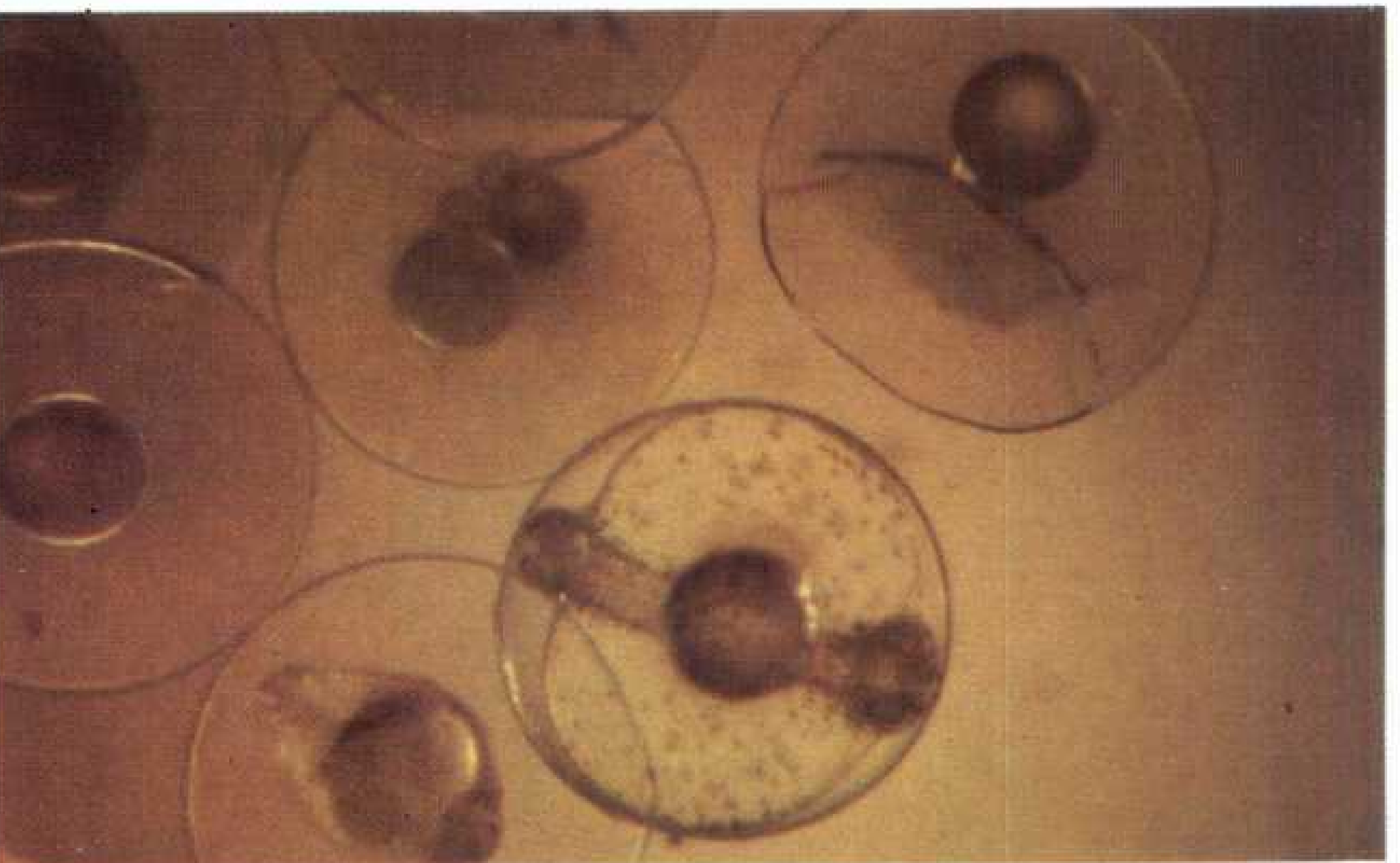
Las truchas, por su parte, son criadas desde hace poco más de un siglo. Su domesticación empezó como la de cualquier otro animal: se pretendió primeramente conservar con vida a los ejemplares pescados que no habían de ser consumidos de inmediato. Se sistematizó rápidamente esta cría, y se intentó ocuparse de los animales desde las primeras fases de su desarrollo. En la actualidad se domina perfectamente el conjunto del ciclo vital de la trucha. Se procedió, al igual que con las carpas, a una selección (en función de la resistencia a las enfermedades, de la rusticidad de las variedades, de su «productividad neta», etc.). Al igual que en las ganaderías terrestres tradicionales (pollos, cerdos, etc.), se trata de hacer crecer, en el mínimo de tiempo posible y con el menor gasto de energía y alimentación, a los animales más productivos en proteínas, los más resistentes a las enfermedades y los que tienen mejor sabor.

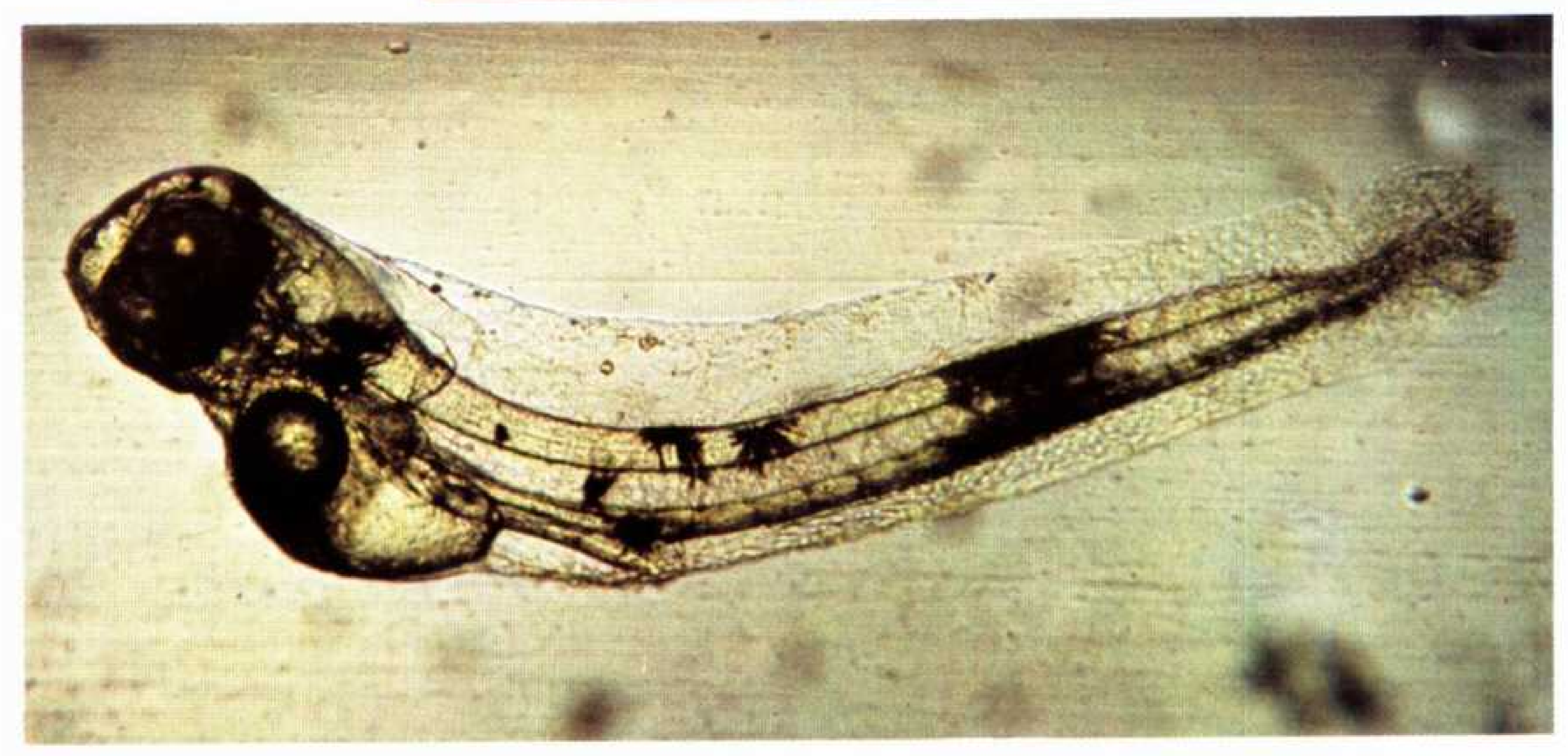
La fecundación artificial es posible con peces. Resulta relativamente fácil colectar los óvulos de las hembras y el esperma de los machos (basta con apretar los flancos de los reproductores en la época propicia). Se obtienen buenas tasas de fecundación, solamente con respetar algunos imperativos ecológicos (temperatura del agua, oxigenación...). La fase más delicada es la de la eclosión de los huevos y de las primeras horas de los alevines. En condiciones naturales, la gran mayoría de los huevos son devorados por los depredadores (a veces incluso por los adultos de su propia especie). En los estanques de cría están protegidos de este peligro, pero son sensibles a la acción de los parásitos microscópicos (virus, bacterias, hongos), y ciertas epidemias pueden ser catastróficas.



El nacimiento en un medio artificial. La reproducción en cautividad es difícil de conseguir. Hay que estudiar las condiciones ecológicas naturales de la especie durante el desove (temperatura del agua, salinidad, tasa de oxigenación) e intentar reconstruirlas fielmente en estanques artificiales. El ciclo de reproducción de la dorada (Spaurus auratus), que ilustra esta doble página, se conoce bien en la actualidad. Los adultos sexualmente maduros se colocan en estanques de cría (a la izquierda). Los huevos fecundados (a la derecha) se encuentran entonces en condiciones ideales para eclosionar. Los alevines (abajo) reciben varios tipos de alimento a medida que se van transformando y desarrollando.

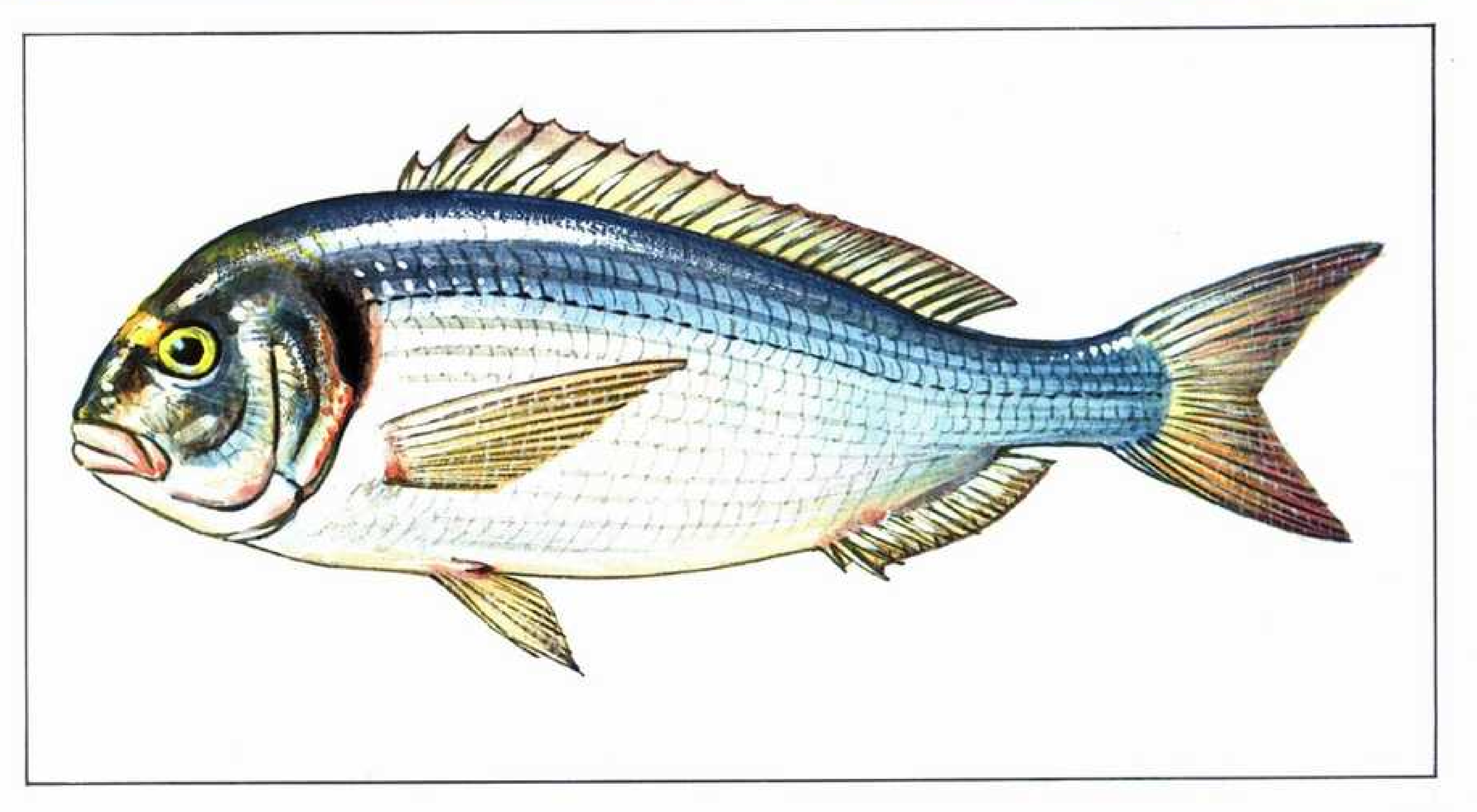






Ocurre lo mismo con los alevines que acaban de eclosionar. Las enfermedades parasitarias son favorecidas por algunos factores de desequilibrio ecológico, y la mejor manera de evitarlas es respetar escrupulosamente las necesidades de la especie en sales, calor, oxígeno, luz, etc. No es fácil averiguar cuáles son estas necesidades, y cuando se conocen no resulta tampoco sencillo reconstruirlas con exactitud. Si se detecta una epidemia, en especial si se debe a bacterias, se puede intentar combatirla con antibióticos añadidos al agua. Pero el resultado es imprevisible.

No hace falta decir que los estanques de acuicultura han de ser alimentados con aguas limpias, y que todas las con-



taminaciones, además de su propia acción tóxica, debilitan a los animales y los hacen más vulnerables frente a los gérmenes patógenos.

Con peces como las anguilas, que se reproducen normalmente en las profundidades del océano (del mar de los Sargazos en el caso de la anguila europea), no se tiene ninguna esperanza de dominar algún día el ciclo completo de la especie. La anguila, después de pasar sus primeras semanas a grandes profundidades, alimentándose de formas planctónicas que no conocemos, engorda en alta mar, se transforma en larva leptocéfala, migra con las corrientes y se presenta en forma de angula ante la desembocadura de los ríos, que remonta posteriormente. La primera parte de su ciclo vital resulta imposible de imitar en los estanques artificiales.

El problema es inverso en el caso de los salmones. Los animales nacen en los arroyos poco profundos de las cabeceras de las cuencas fluviales. Es relativamente sencillo capturar reproductores, obligarles a liberar sus gametos y obtener centenares de miles de huevos fecundados. La eclosión de los alevines tampoco plantea grandes problemas, una vez que se hayan reproducido en los estanques las condiciones ecológicas indispensables (sobre todo, temperatura del agua y oxigenación).

La alimentación de los jóvenes, constituida esencialmente de zooplancton de agua dulce, es también sencilla. Las dificultades comienzan cuando los animales, transformados en esguines y empujados por su instinto, intentan descender hacia el mar, donde crecen normalmente durante cuatro o cinco años antes de remontar los ríos.

Hay que reconstruir en los estanques las condiciones de esta migración hacia el agua salada, y sobre todo encontrar con qué alimentar a los animales subadultos y adultos.

Después de muchas tentativas sin éxito en los últimos años, parece que se está consiguiendo actualmente, ofreciéndoles una mezcla de algas, de vísceras de pescado y de proteaginosos.

Los peces marinos (lubina, dorada, lenguado, rapantes, rodaballos, etc.) desovan en regiones muy determinadas del mar, generalmente cerca de las costas o en zonas de mar adentro donde existen corrientes que arrastrarán a los huevos cerca de las costas. Los herbazales litorales de zósteras y de posidonias constituyen un lugar privilegiado para la incubación de estos huevos fecundados y para la protección de los alevines.

Para poder dominar la producción completa de estos animales en estanques artificiales, hay que reconstruir —por supuesto, de manera satisfactoria— las condiciones indispensables para la eclosión de los huevos fecundados y del desarrollo de las larvas.

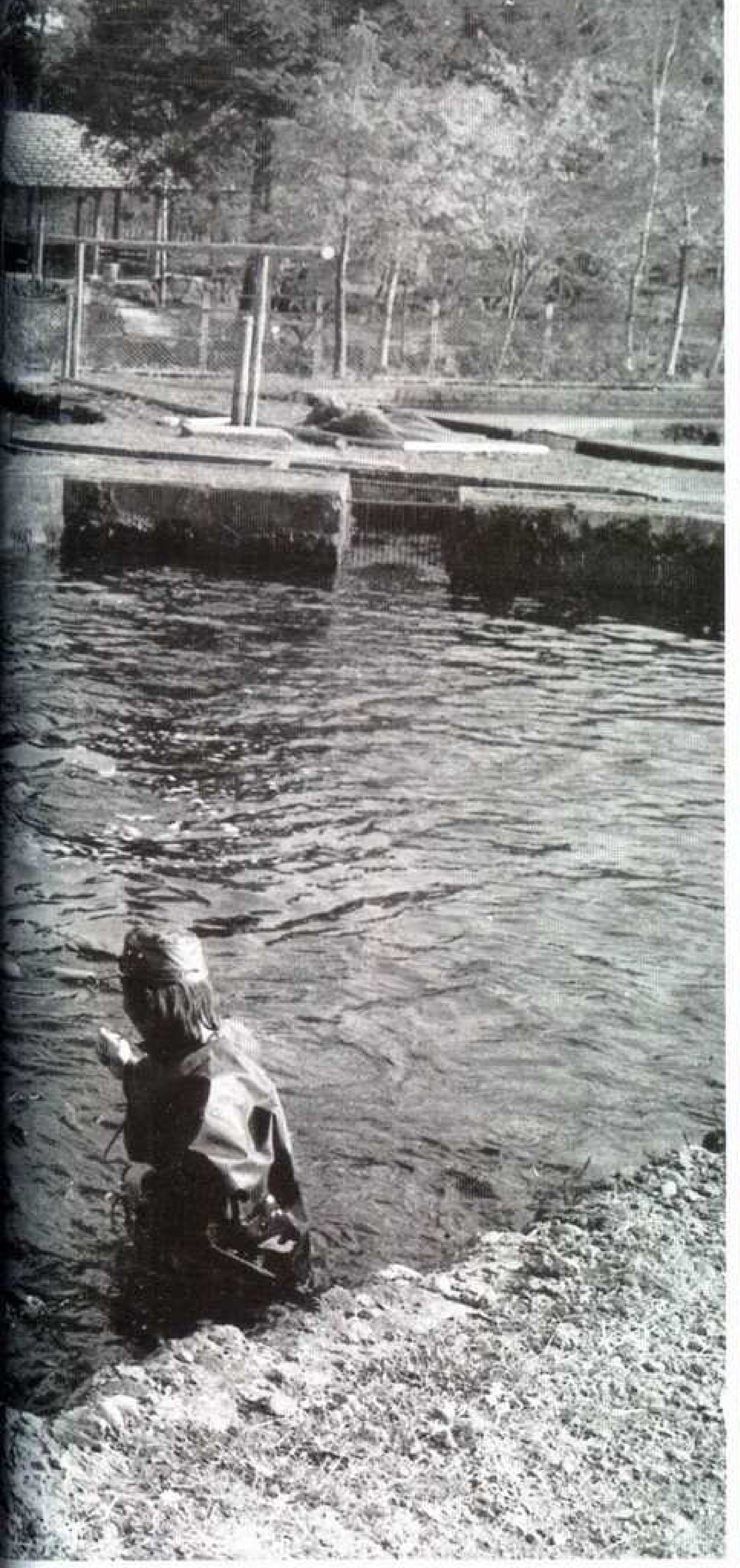
Se trata de un problema con múltiples facetas. Es suficiente que un solo condicionante no se cumpla para que todos los alevines puedan morir. Basta conque se





__La cría de los peces y de los crustáceos.__ Existe una acuicultura parcial, llamada de repoblación. La mayoría de los bancos naturales se van empobreciendo, debido a la pesca abusiva, la contaminación y el saqueo de los ecosistemas. Se intenta remediarlo capturando algunos reproductores de las especies amenazadas, llevando a cabo en el laboratorio las fases más delicadas de la reproducción y volviendo a soltar en el medio natural a los jóvenes, lo suficientemente grandes como para defenderse. Este método se emplea desde hace mucho para repoblar los ríos con truchas y salmones. A la izquierda: la recolección de los huevos de las hembras y del esperma de los machos. Abajo: la selección de los huevos fecundados. Los alevines nacen en estanques de pequeñas dimensiones. Cuando han crecido, pasan a estanques de mayor tamaño (página de la izquierda), o son soltados en los arroyos que se desea repoblar. Las gambas (en esta página, abajo) se crían en gran número, pese a exigencias ecológicas importantes (especialmente en su metamorfosis). Se controlan bien las diferentes fases de estas transformaciones. Los adultos obtenidos son mayores que sus congéneres salvajes.







produzca una sola contaminación grave en los estanques de reproducción para que todos los jóvenes perezcan como consecuencia de una fulminante epidemia.

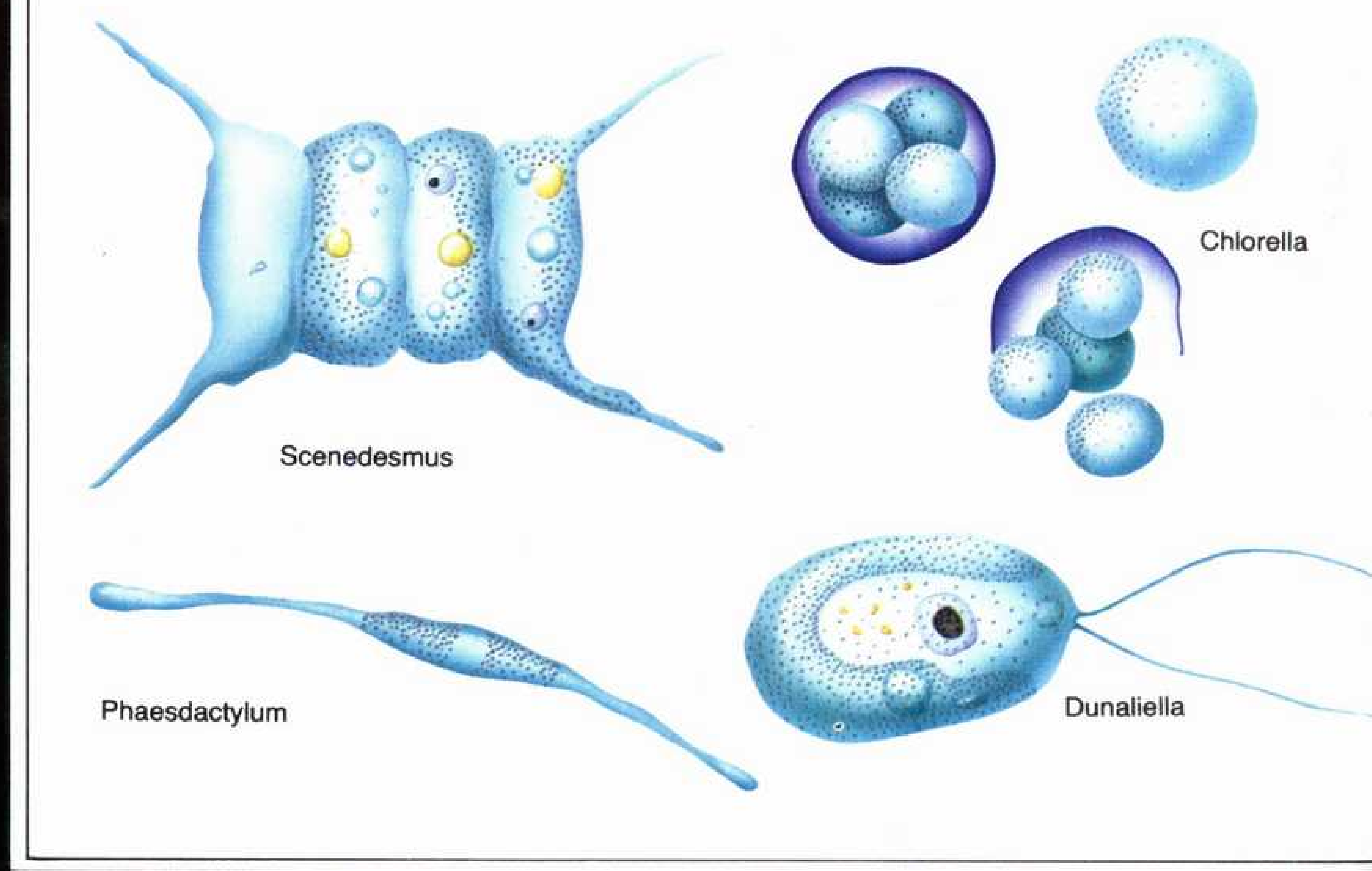
Uno de los problemas que más preocupan a los pioneros de la acuicultura es el siguiente: las grandes especies comerciales, las más rentables en un futuro cercano, para las que existe ya un mercado, son también aquellas que tienen un ciclo de desarrollo más complejo. Un solo error en las etapas indispensables puede conducir al desastre.

No hay ninguna duda en que el futuro está en el desarrollo de la acuicultura de las especies situadas lo más bajo posible de la pirámide alimentaria. Son las que tienen mayor número de huevos y de larvas, las que poseen ciclos de vida más cortos y más simples y las que presentan menos exigencias ecológicas y tróficas. Como son además las más rentables, desde el punto de vista de la conservación de la energía y de la biomasa, deberían ser las más solicitadas.

La alimentación

EL coste de los alimentos dados a los animales domésticos, una vez realizadas las instalaciones (ya organizada la «granja», bien sea agrícola o acuícola), es el factor primordial del éxito de la empresa. Se trata de hacer crecer a los ejemplares lo más rápidamente posible, gastando la menor cantidad posible de dinero y de energía. Hay que «fabricar» animales de tamaño comercial a un precio que sea competitivo frente a los mismos animales recolectados en la naturaleza (mediante la caza o la pesca). Esto no es ya tan sencillo al tratarse de especies marinas, a pesar de que el agotamiento de algunos bancos naturales aumenta diariamente la rentabilidad de la acuicultura. Pero más allá de esta primera etapa hay que pensar en la siguiente (que es la de la cría terrestre): se debe producir para ofrecer precios más bajos que los competidores. Todavía no se ha llegado a este punto con peces como la lubina, el lenguado o el rodaballo, pero ya se ha franqueado prácticamente la primera etapa: los animales producidos por la acuicultura tienen un precio competitivo frente a los que consiguen los pescadores profesionales.

«Proporcionar el alimento adecuado en el momento justo» es el factor principal del éxito de la cría, afirma el profesor William R. Royce, de la Universidad de Washington, uno de los mayores expertos mundiales en el campo de la acuicultura. Las primeras investigaciones científicas de alimentación artificial en acuicultura se llevaron a cabo con las truchas y los salmones. Son peces carnívoros, acostumbrados a alimentarse a base de pequeños invertebrados (crustáceos planctónicos, gusanos, etc.). Los sustitutivos que se buscaban a estos alimentos naturales debían ser forzosamente ricos en proteínas, y especialmente en proteínas de origen animal. Se pensó en los despojos de carnicería: pulmones, hígado, corazón, intestinos y trozos de mala calidad difícilmente comercializables para la alimentación humana. Se añadieron a estos ingredientes triturados fragmentos de pescado fresco. Por supuesto, las proporciones de estos diferentes alimentos han sido objeto de numerosas investigaciones. Equipos formados por nutricionistas, ictiólogos, biólogos y por microbiólogos han estudiado todas las implicaciones (energéticas, económicas, epidemiológicas, etc.) de las mezclas alimentarias propuestas. Poco a poco, los alimentos servidos a los animales han sido equilibrados. Los salmones y las truchas actualmente alimentados en cautividad no sufren en absoluto con su régimen artificial. Entre los laboratorios que han desempeñado el papel de pioneros en este campo, hay que citar al U. S. Wertern Fish Nutrition Laboratory de Cook, en Washington, y el Cortland





[A]limentar a los peces [d]e cría. *La alimentación de los animales [d]omésticos es un dato [e]sencial de la rentabilidad de las granjas. Entre las «dietas para peces» que han sido puestas a punto, una de las más famosas es a base de «granulados de Oregón». Combina las materias vegetales y animales, los productos de recuperación de la pesca y los de la industria conservera de pescado. A la izquierda: un estanque para el cultivo de algas microscópicas. Abajo, a la izquierda, aparecen dibujadas algunas de estas últimas. Abajo, a la derecha: frascos conteniendo diatomeas.*

Hatchery de Cortland, en Nueva York. En 1963, otro grupo de investigadores, esta vez en el estado de Oregón, puso a punto, siguiendo los trabajos del laboratorio de Cortland, dos tipos de «regímenes» para los salmónidos que la mayoría de los criadores del mundo han adoptado o de los que se han inspirado. Estos alimentos, producidos en forma de granulado, se conocen con el nombre de «granulados de Oregón», debido al lugar donde fueron creados.

El valor nutritivo de estos alimentos artificiales es muy elevado: más del 34 por 100 de proteínas, 16 por 100 de hidratos de carbono y 7,5 por 100 de grasas. Sólo tienen el 34 por 100 de humedad y el 6,8 por 100 de residuos sólidos no asimilables. La mayor parte de los peces comercializables son carnívoros. Esto es válido para los peces planos, las lubinas, las doradas, etc. La paradoja de la acuicultura es que para respetar la dieta natural de estas especies habría que producir peces para alimentar a otros peces, o al menos producir gambas u otros crustáceos. Desde un punto de vista ecológico y económico, parece absurdo. Sería mucho mejor comer gambas o peces mucho más fáciles de criar: peces herbívoros o comedores de plancton. Por ahora, esta verdad, conocida sobradamente por todos los profesionales, no «cuela», ya que el gran público, los consumidores, no ha sido educado: no están dispuestos a cambiar de especies comestibles y a inventar nuevas recetas de cocina.

Los acuicultores deben compensar las necesidades de proteínas animales marinas de sus peces de cría con aportaciones animales de origen terrestre. Ya no se producen peces para alimentar a otros peces; pero se produce carne para alimentarlos: una incongruencia sustituye a otra.

El problema del alimento de las especies «nobles» constituye sin lugar a dudas el «punto débil» de la acuicultura. Es relativamente sencillo encontrar alimentos sustitutivos para los adultos de estas especies. Pero no ocurre lo mismo con las larvas. Están a veces muy especializadas y no aceptan casi ninguna otra presa (de pequeño tamaño) fuera de las habituales. Con frecuencia, sus necesidades son imposibles de satisfacer. Los alevines, una vez agotado el contenido del saco vitelino, se desplazan rápidamente en busca de sus pequeñas víctimas, y necesitan grandes cantidades para desarrollarse con normalidad. Las sardinitas de cuatro a seis milímetros de longitud, por ejemplo, se alimentan casi exclusivamente a base de larvas de crustáceos copépodos de unas dimensiones variables entre 25 y 125 micras. Estas larvas de copépodos (un estadio nauplius) deben pulular para que las sardinitas puedan encontrar las suficientes para subsistir. En aguas a 14 °C, un alevín de sardina come tres o cuatro diarias, y en aguas de 19 °C estas necesidades se duplican.

No queda prácticamente otro remedio que criar este plancton para alimentar a los alevines de las especies comerciales. No se puede dar de comer alimentos artificiales a los jóvenes, salvo muy raras excepciones. Para dominar la producción de lubinas o de doradas, hay que tener dominada anteriormente la producción del zooplancton del que se atiborran los jóvenes de estas especies. Y para producir plancton animal hay que favorecer previamente la sobreabundancia del plancton vegetal (diatomeas, algas verdes del género *Chlorella*, etc.).

La tierra da la hierba que alimenta a la oveja; es una pirámide ecológica simple. La ecología del atún, de la dorada, del jurel, de la lubina, etc., se parece mucho más a la de las águilas.

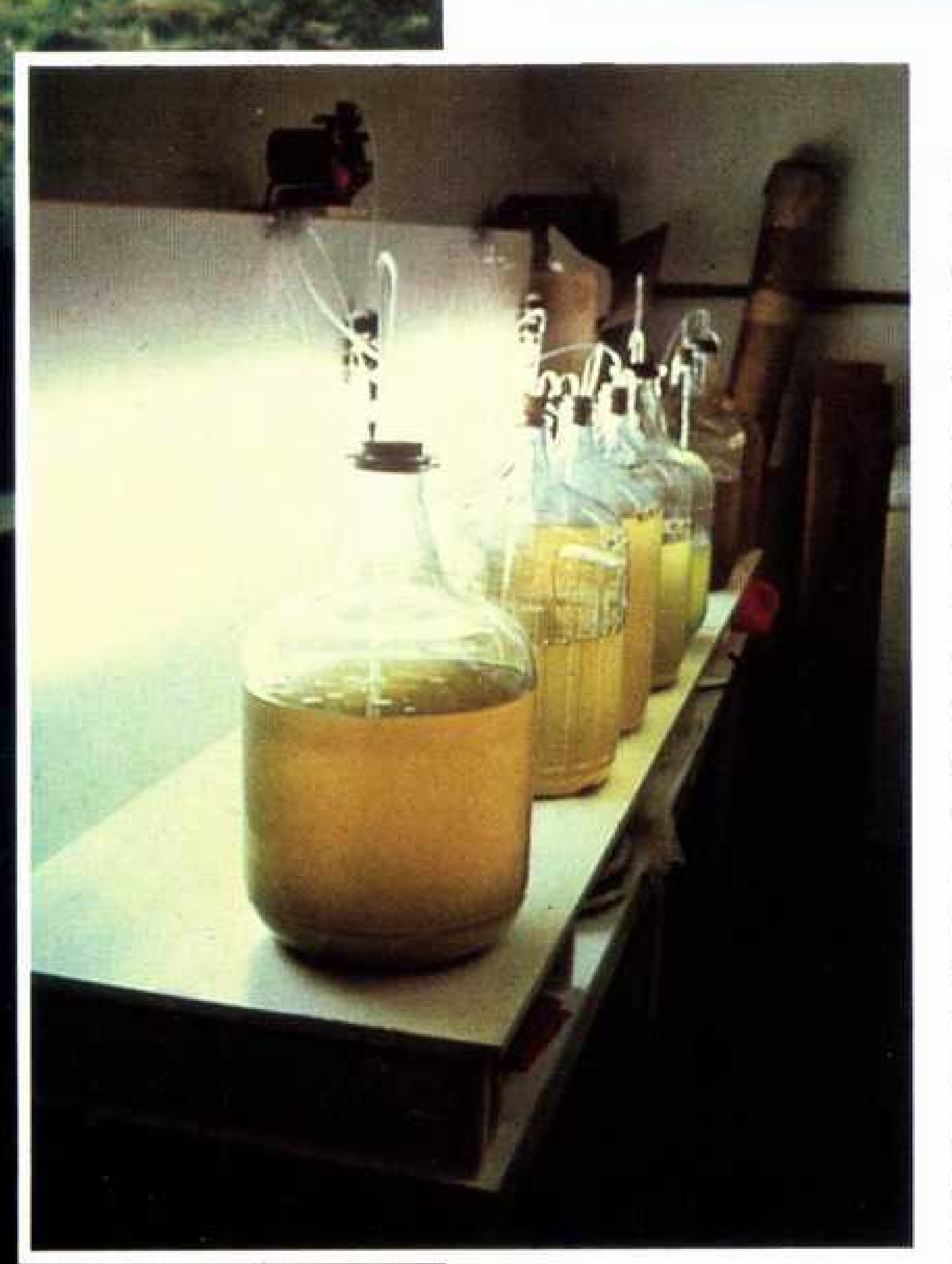
FORMULA «GRANULADOS DE OREGON» (junio 1963)

Mezcla harinosa

Algodón	23,0 %
Carne de arenque	21,0 %
Gérmenes de trigo	6,0 %
Mixtura base de maíz	3,60 %
Compuesto polivitamínico	2,4 %
Carne de tiburón/vísceras de salmón	1,5 %
Total	57,50

Mezcla húmeda

Vísceras de atún (Thunnus alalunga)	20,0 %
Carne de tiburón/vísceras de salmón	20,0 %
Aceite de maíz	1,8 %
Cloruros	0,65 %
Compuesto antioxidante	0,05 %
Total	42,50 %



El cultivo de las algas

El cultivo de las algas constituye potencialmente la forma más intesante de acuicultura. Hacer crecer en el agua organismos autótrofos, capaces de alimentarse utilizando exclusivamente el agua, el gas carbónico y la luz solar, es un ideal. Esto equivaldría a desarrollar la agricultura del mar, y no sólo la ganadería.

La riqueza biológica constituida por las algas es enorme. Se estima que en el océano se forman anualmente más de 100.000 millones de toneladas de materia orgánica. La mayor parte de esta biomasa está constituida por algas planctónicas o flotantes, a menudo microscópicas, como las diatomeas o las *Chlorella*.

El modo de posible cultivo de estos vegetales dependerá de su aspecto, tamaño y su propia biología. Las algas microscópicas pueden ser sembradas en estanques



previamente enriquecidos con sustancias nutritivas adecuadas. En general, estos vegetales no son muy apetitosos: sirven a menudo como componentes de preparaciones culinarias, o más aún para alimento del ganado terrestre.

Las algas de mayor tamaño son flotantes (sargazos, etc.) o están fijadas al substrato del mar mediante crampones (laminarias, fucus, ulvas etc.).

Los soportes de cultivo varían, evidentemente, en función de estas exigencias biológicas. Las algas flotantes podrían cultivarse en alta mar (con la condición de añadir abonos al agua en las regiones demasiado pobres). Las algas fijas deben

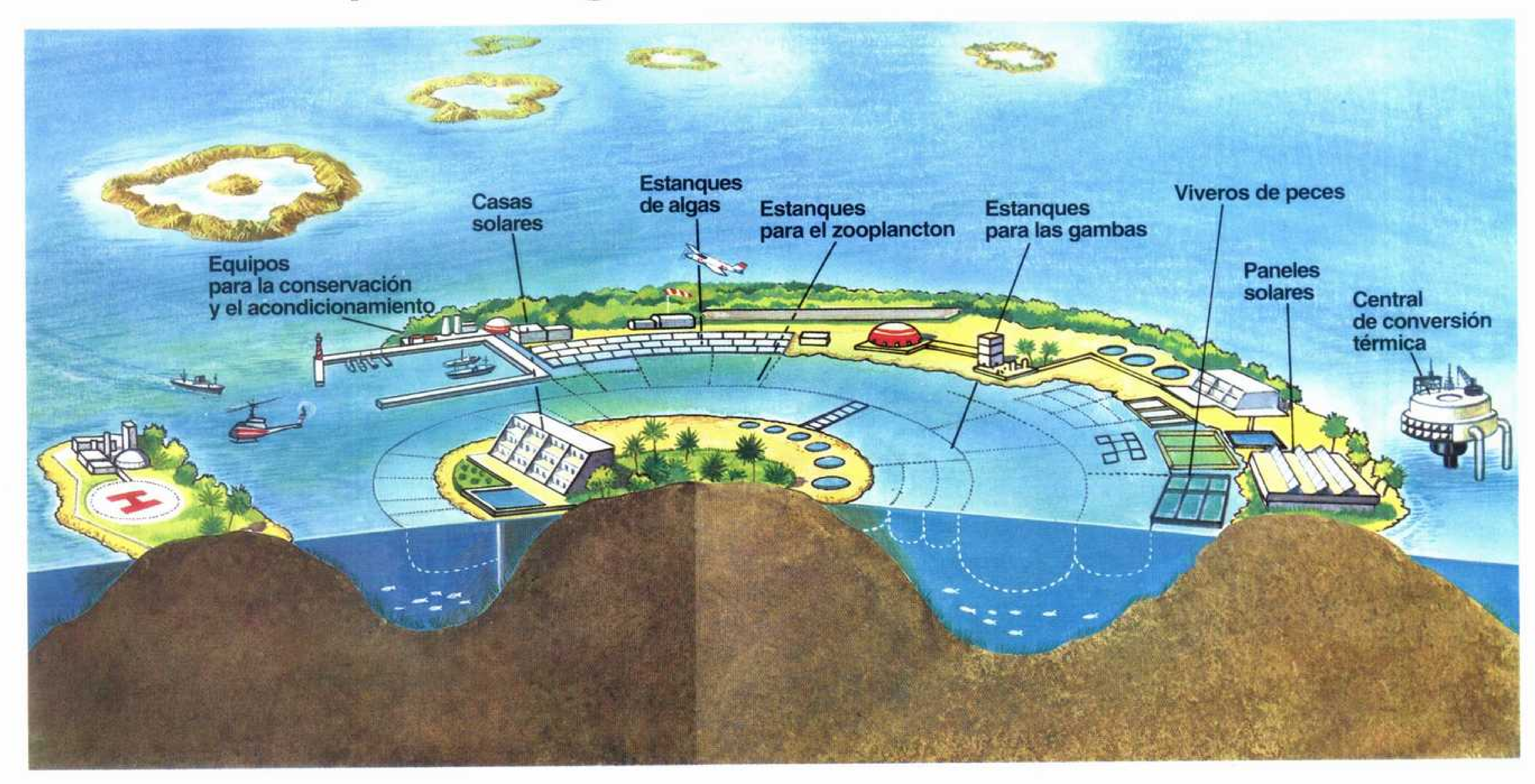


ser sembradas cerca de las costas, pero se han diseñado dispositivos capaces de funcionar en mar abierto; se trata de especies de alambreras metálicas sostenidas a escasa profundidad por boyas.
El cultivo de las algas no ha hecho más que empezar. Muchas de ellas serían directamente comestibles para el hombre, y podrían servir para la alimentación de las poblaciones si se realizara un esfuerzo para que fueran aceptadas. La reticencia en materia culinaria es extremadamente fuerte.
Las algas sirven ya, sin embargo, para la alimentación de los animales domésticos. En algunos países son objeto de preparaciones culinarias destinadas a los hombres. En Europa se comen las lechugas de mar (ulvas). En Extremo Oriente, los platos a base de algas se multiplican, ya se trate de pequeñas algas rojas que forman el *nori* de los platos japoneses, o de las *Chlorella* vendidas en forma de polvo liofilizado.
Los principales productores son Japón, China, Corea del Sur, Taiwán y las Filipinas. En estos países, los investigadores estudian los medios de valorizar esta riqueza potencial del mar. Las prácticas ancestrales se unen a las más modernas técnicas de biología y oceanografía. Gracias a estos países de Extremo Oriente, las algas representan ya, según la FAO, el 17,5 por 100 del tonelaje mundial de los alimentos obtenidos con la acuicultura.
Entre las especies que se cultivan hoy día con fines comerciales, hay que citar al alga llamada en Japón *nori (Porphyra yezoeusis),* la ulva marina *(Ulva lactuca),* las algas pardas *Alaria esculenta* y *Alaria hiperborea,* etc.



El hombre y las algas. *Las algas marinas se utilizan en Occidente fundamentalmente como abonos. Se comen muy rara vez (con la excepción de la ulva marina). No ocurre lo mismo en Oriente: allí forman parte desde hace mucho tiempo de la cocina y son objeto de un atento cultivo. Página anterior, a la izquierda: la recogida del alga roja* Porphyra, *que constituye el* nori *en Japón. A la izquierda: un estanque de cultivo de ulvas marinas, igualmente en Japón. Arriba: el secado en la playa de las algas conocidas como laminarias. Son muy empleadas en todo tipo de preparaciones: cocina humana, alimentos para animales domésticos, productos farmacéuticos, etcétera.*

Economía y ecología



LA pesca es una actividad de simple recolección que corresponde a una civilización humana de tipo paleolítico, pero dotada con instrumentos modernos y muy operativos. Es un anacronismo antieconómico (ya que la necesidad de pescar cada año más conduce a comerse el capital-naturaleza y, por lo tanto, a agotar las fuentes de aprovisionamiento) y antiecológico (ya que la pesca excesiva, practicada además de forma devastadora para las especies no comerciales, nos lleva al saqueo general de los mares).

La acuicultura se halla actualmente en una fase inicial. Sabemos casi lo mismo acerca del cultivo de las algas que los primeros agricultores de Mesopotamia y de Turquía sobre las exigencias agrícolas de una gramínea que empezaban a mejorar: el trigo. Nos encontramos, en cuanto a la cría de los peces, al mismo nivel que los hombres que introdujeron jabalíes o muflones en cercados e intentaron reproducirlos en cautividad.

Estamos empezando. Abrimos una nueva era. Pero no partimos de cero. En efecto, nuestra ciencia ha realizado fantásticos progresos desde hace unos pocos siglos, y, en vez de tantear como nuestros antepasados, podemos seleccionar científicamente y mejorar con rapidez las especies que queremos domesticar. Dominamos las técnicas de la hibridación de los animales y los vegetales. Las formidables posibilidades de la genética, que van a revolucionar la agricultura y la ganadería terrestre, podrán ser aplicadas de inmediato a la acuicultura.

El principal problema de la acuicultura reside en la excesiva timidez de los gobiernos, de los inversores y... de los consumidores. Por supuesto, todo está unido entre sí y todo avanzará al mismo tiempo. Para que los industriales se lancen tiene que haber un mercado. Existe para los crustáceos y para los peces nobles, pero habrá que crearlo para los productos de base y de masa (algas, plancton animal). Y para que los consumidores creen este mercado, los pioneros tendrán que proponerle nuevos productos.

Actualmente, según las informaciones recogidas por la FAO, la cantidad total de alimento obtenido mediante la acuicultura es alrededor de la décima parte del logrado mediante la pesca. Era de 6.000.000 de toneladas en 1975, y alcanza los 8.000.000 en la actualidad. La mayoría de este tonelaje está constituido por peces de agua dulce (carpas, truchas). Pero existe la esperanza de que la producción aumente. Los científicos hacen lo necesario en varios países, y algunos inversores se lanzan poniendo en práctica lo que los científicos les enseñan. Las reticencias son de varios tipos, como ya hemos señalado: miedo al riesgo en algunos inversores, rutina y falta de valentía en el caso de los estados, falta de información para los consumidores...

Los dos principales obstáculos «técnicos» para el desarrollo mundial de la acuicultura son: 1) la creciente contaminación de las aguas, y 2) la dificultad de encontrar cadenas alimentarias cortas. Estos problemas no se resolverán en los laboratorios, o gracias a iniciativas individuales, forzosamente limitadas, sino con un cambio general de forma de pensar. Si queremos que el océano contribuya a alimentarnos a nivel de especie, debemos tener cuidado de no matarlo con nuestros saqueos y nuestra negligencia. Si queremos inventar las vacas, las cabras y las ovejas del mar, es necesario que, alentados por los poderes públicos, los hombres se pongan a hacer masivamente acuicultura. Actualmente, la acuicultura no puede ser sólo el cultivo de las ostras, de los mejillones o de los minúsculos crustáceos *Artemia salina* (que sirven de alimento a los peces de acuicultura): debe transformarse en una acuicultura a gran escala, al igual que existe una agricultura a gran escala.


La maricultura del mañana. *Varios grandes proyectos de explotación integrada del mar (se habla de «granjas o ranchos marinos») existen actualmente. Arriba se ha esquematizado uno de ellos. En todos los casos, su finalidad es la de controlar el conjunto de una pirámide alimentaria acuática, desde los productores primarios (algas y fitoplancton) hasta los grandes peces de tipo comercial, pasando por los pisos intermedios del edificio (zooplancton, gambas, etc.). Cada uno de estos centros de acuicultura marina tendrá, por suerte, sus propios especialistas. Pero es verosímil que todos ellos alcanzarán una mayor rentabilidad si apuntan hacia varios objetivos: producción de alimento para el hombre (crustáceos y peces nobles); producción de alimento para el ganado y para otros centros de maricultura; producción de plantas marinas para la industria farmacéutica, y, por último, producción de energía gracias a la explotación de una parte de la biomasa vegetal obtenida.*

REFERENCIAS FOTOGRÁFICAS

Michael Abbey. Académie des Sciences, Lisbonne. Paolo Arata. Azienda Valli Comacchio. P. Baguzzi/Archives Fabbri. Bibliothèque Ambrosienne, Milan. Bighini/Archives Fabbri. British Museum, Londres. David K. Caldwell. D. Cavadini/Overseas. Civica Raccolta Di Stampe Bertarelli, Milan. Ben Cropp. Paolo Curto/Action Press Photo Agency-Milan. Piero Di Gregorio. Jack Drafahl. Dulevant. Harold Edgerton. Fao. Foto E.P.S. Foto Sub de R. Maltini Et P. Solaini. Fram Museum/Mittet Foto. Il Gabbiano. G.S. Giacomelli. Andrea Ghisotti/Overseas. Al Giddings/Sea Films, Inc. Enrico Giovenzana. Filippo Giunta. Gli Esploratori-Longanesi. Graphische-Sammlung Albertina, Vienne. Carmelo Guadagno/American Geographical Society, Harbor Branch Found. International Society For Educational Information, Inc. Ki-Kvei Bldg, 7-8. Shintomi, 2 - Chome, Chuo-Ku, Tokyo, Japón. Japan Trade Center. Kraft. Aquaculture. Library of Congress, Washington. Livre das Armadas. Angela Maccaluso. Aldo Margiocco. Umberto Marzani. J. W. Mcbeth. Mitchel Library, Sydney. R. C. Murphy. Musée De la Marine. Museo Di Storia Della Scienza, Florence. National Maritime Museum. Nederlands Historisch Scheepvaartmuseum, Amsterdam. New York Public Library. Office Of Naval Research And Bureau Of Land Management. Orion Press. Daniele Pellegrini. Lino Pellegrini. Christian Petron. Carl Roessler. Alberto Romeo. Royal Geographical Society. Sages. Foto Sani. Roberto Sequi. Peter Scoones. Scripps Institute of Oceanography. Ettore Tibaldi. Foto U.S.I.S., U.S. Navy. Woods Hole Oceanographic Inst. Woods Hole, Ma., USA.

ILUSTRADORES

Luigi Cominetti. Enzo Giglioli. Gabriele Pozzi. Phograf S.N.C. Tiger Tateishi. Masayoshi Yamamoto.



14 ENCICLOPEDIA DEL MAR

folio